

RECD 12 MAR 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПРОМИСЛОВОЇ ВЛАСНОСТІ
(УКРПАТЕНТ)

Україна, 04119, м. Київ-119, вул. Сім'ї Хохлових, 15, тел./факс 458-0611
Україна, МСП, 04653, м. Київ-53, Львівська площа, 8, тел. 212-50-82 / факс 212-34-49

№ 2001/01

BEST AVAILABLE COPY

28" 02 2003

Міністерство освіти і науки України цим засвідчує, що
подані матеріали є точним відтворенням первісного опису,
формули і креслень заявки № 2001/129236 на винахід патенту на
винахід, поданої 29.12.2001

Назва винаходу:

СПОСІБ КЕРУВАННЯ МАГНІТНИМ ПОТОКОМ
ЕЛЕКТРОМАГНІТІА І
ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ (ВАРІАНТИ), ЩО РЕАЛІЗУЄ
СПОСІБ

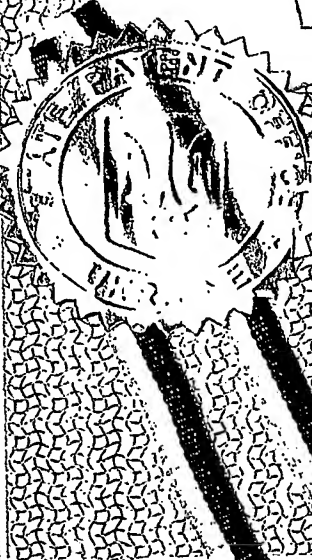
Заявник:

Бабич М.С.

Дійсний автор:

Бабич М.С.

УКРАЇНА



За порученням Державного департаменту інтелектуальної власності

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

[Signature] А. Красовська

МКП⁷: Н01F 3/08, 7/032, 7/06, 7/16, 7/122, 7/124;
В22F 7/02; E05B 47/02

СПОСІБ КЕРУВАННЯ МАГНІТНИМ ПОТОКОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТА І ЕЛЕКТРОМАГНІТ (ЙОГО ВАРІАНТИ), ЩО РЕАЛІЗУЄ СПОСІБ

Група винаходів відноситься до магнітних систем, а саме до способу керування магнітним потоком електромагніта, а також до конструкції електромагніта, що реалізує цей спосіб.

Запропонована група винаходів може бути використана переважно в виконавчих пристроях електромеханіки, зокрема, у магнітних пусках, контакторах, запірних пристроях, пристроях для блокування замків сейфів, автомобілів, дверей і т.п. з метою запобігання несанкціонованого проникнення, обгінних муфтах, муфтах зчеплення, гальмових механізмах і т.д. У таких конструкціях електромагніт, що виконує функцію електромеханічного приводу, містить котушку намагнічування з магнітопроводом з феромагнітного матеріалу щонайменше з одним повітряним зазором. При подачі електричної напруги на обмотку котушки намагнічування феромагнітного матеріалу магнітопроводу збуджуваний у магнітопроводі магнітний потік притягає рухомий якір. При знятті напруги з обмотки котушки намагнічування магнітний потік зникає, унаслідок чого зникає утримуюче якір зусилля і під дією зворотної пружини якір повертається у первісне положення (первісний стан).

Відомий спосіб керування магнітним потоком електромагніта з релейною тяговою характеристикою, яка характеризується щонайменше двома стійкими рівнями значень магнітного потоку у магнітопроводі, шляхом подачі керуючих імпульсів електричного струму в обмотку котушки намагнічування з можливістю одержання зусилля, що притягає, рухомої частини магнітопроводу (його якоря), який реалізований в електромагніті з двома повітряними зазорами в., наприклад, DE № 19639545 A₁ від 18.12.1997 р., заявник ICON AG PRAZISIONSTECH [1].

Відомий спосіб недостатньо ефективний. Це пов'язано з тим, що при керуванні магнітним потоком у магнітопроводі, відповідно до відомого способу, не забезпечують зами-

кання магнітного ланцюга магнітопроводу електромагніта, а фіксацію його рухомої частини (якоря) у крайніх положеннях здійснюють з використанням механічних засобів, а саме за допомогою використання підпружених кільцем кульок, які попадають у відповідні кільцеві канавки в кінцевих положеннях рухомої частини магнітопроводу електромагніта. Результатом цього є порівняльно недостатня експлуатаційна надійність через підвищений механічний знос, що сприяє підвищенню імовірності відмовлень у роботі і зниженню наробітку на відмовлення, обмежує величину тяглового й утримуючого зусиль.

Крім того, відомий спосіб не забезпечує мінімізації повітряного зазору і, відповідно, замикання магнітного ланцюга магнітопроводу.

По своїй технічній суті і результату, що досягається, найбільш близьким до заявленого (способу) є спосіб керування магнітним потоком електромагніта з релейною тяговою характеристикою, яка характеризується щонайменше двома стійкими рівнями значень магнітного потоку в магнітопроводі, виконаному щонайменше частково з магнітотвердого матеріалу з одним повітряним зазором, шляхом подачі керуючих імпульсів електричного струму в обмотку котушки намагнічування з можливістю одержання зусилля, що притягає, рухомої частини магнітопровода (його якоря) електромагніту – див., наприклад, EP 0794540 A₁ від 10.09.1997 р., заявник HARTING KGaA, CNJK, TW 2 CNJRB - **ПРОТОТИП** [2].

У відомому способі керування магнітним потоком електромагніта частково усунуті зазначені недоліки внаслідок того, що він забезпечує більш високу експлуатаційну надійність. Однак ефективність відомого способу продовжує залишатися порівняльно недостатньою через порівняльно невисоку функціональність (тобто внаслідок недостатніх функціональних можливостей) електромагніта. Це пов'язано тим, що відомий спосіб також не забезпечує замикання магнітного ланцюга магнітопроводу електромагніта внаслідок постійної наявності повітряного зазору в магнітному ланцюзі магнітопроводу. Крім того, відомий спосіб не може також забезпечити можливість перемагнічування, розмагнічування магнітотвердого матеріалу магнітопровода чи іншого на нього впливу при зміні магнітного потоку у магнітопроводі, створюваного котушкою намагнічування.

Відомий електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, переважно магнітного приво́ду, що реалізує спосіб керування магнітним потоком у магнітопроводі, на якому розміщена обмотка котушки намагнічування, з рухомим якорем і, щонайменше, з одним повітряним зазором – див., наприклад, DE № 19639545 A₁ від 18.12.1997 р., заявник ICON AG PRAZISIONSTECNIC [1].

Відомий електромагніт не забезпечує замкненої металевої конструкції, внаслідок чого його ефективність знижена за рахунок досить високих магнітних потоків розсіяння, а також за

рахунок дуже визначних витрат магнітної енергії в повітряному зазорі. Крім того, конструкція відомого електромагніта не має властивості “магнітної пам'яті” (тут і далі по тексту опису винаходу термін “магнітна пам'ять” використаний для позначення здатності складового магнітопроводу акумулювати магнітну енергію на рівні магнітного потоку, створеного котушкою намагнічування).

Відомий також електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, переважно магнітного приводу, який виконаний з рухомим якорем і, щонайменше, з одним повітряним зазором з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі, на якому розміщена обмотка котушки намагнічування, при цьому щонайменше частина магнітопровода виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу – див., наприклад, EP 0794540 A₁ від 10.09.1997 р., заявник HARTING KGaA, CNJK, TW 2 CNIJRB [2].

У конструкції згаданого електромагніта частина якоря виконана з магнітотвердого матеріалу, однак цей складовий магнітопровід електромагніту не забезпечує замкненого ланцюга магнітопровода через наявність підшипника ковзання між якорем та кришкою, а також через наявність внаслідок цього постійного повітряного зазору в магнітопроводі. Крім того, ефективність відомого електромагніта недостатня через те, що вставка з постійного магніту, яка використана в його магнітопроводі, встановлена зі строгою постійною орієнтацією (маркіруванням) магнітних полюсів “S” і “N”, що викликає “прилипання” якоря до площинки на донці циліндра. А через наявність паралельної магнітом'якої гілки (галузі) магнітопроводу, яка проходить через середину постійного магніту (магнітотвердої вставки) кільцевої форми, магнітотвердий матеріал його магнітопроводу, не перемагнічується, не розмагнічується - взагалі не піддається будь-якому керуючому впливу котушки намагнічування електромагніта на магнітотвердий матеріал, оскільки магнітний потік, створюваний котушкою (намагнічування), проходить у магнітопроводі по шляху щонайменшого магнітного опору, тобто по шляху найбільшої магнітної провідності, яким володіє паралельна гілка (галузь) магнітопроводу, виконана з магнітом'якого матеріалу. Унаслідок цього магнітопровід відомого електромагніту не має властивості “обнуління” магнітного потоку вставки з магнітотвердого матеріалу (тут і далі по тексту опису винаходу - термін “обнуління” використаний для випадків, коли магнітний потік дорівнює нулю, тобто для випадків $\Phi = 0$). Іншими словами, при відсутності імпульсу електричного струму в обмотці котушки намагнічування величина магнітного потоку в складовому магнітопроводі відомого електромагніта недостатня для забезпечення необхідної сили притягання й утримання рухомого якоря, оскільки утримуюче зусилля у відомому електромагніті відповідає зусиллю, створюваному простим біполярним постійним магнітом. А відпускання якоря від донця, тобто його повернення в первісний стан, забезпечують шляхом створення котушкою намагнічування магнітного потоку зворотної спрямованості, яка протилежна поляр-

ності постійного магніту, що компенсує магнітний потік, (постійно) створюваний магнітотвердою вставкою. Тим самим, відомому електромагніту притаманні такі недоліки, як порівняльно слабе утримуюче зусилля, недостатня надійність при експлуатації, недостатня функціональність.

По своїй технічній сутності і по результату, що досягається, найбільш близьким до заявленого пристрою є відомий електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаний у вигляді щонайменше однієї котушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів електричного струму в обмотці котушки намагнічування – див., наприклад, міжнародну заявку РСТ/UA00/00005, H01F 7/16, 7/124, E05B 47/02, від 03.02.2000 р., заявник Бабич М.С. - **ПРОТОТИП [3]**.

Відома конструкція частково усуває вище зазначені недоліки, однак її ефективність недостатня внаслідок того, що вставка з магнітотвердого матеріалу розміщена на рухомій частині магнітопроводу – на якорі, у зв'язку з чим при переміщенні якоря із вставкою з магнітотвердого матеріалу відносно витків котушки намагнічування вона індукуює в обмотці котушки електро-рушійну силу (далі по тексті – ЕРС) взаємоіндукції, яка створює в магнітопроводі електромагніта магнітний потік, спрямований назустріч основному (керуючому) потоку, створеному цією ж обмоткою. При цьому вектора зазначених потоків порівнянні по величині, хоча й трохи зрушені по фазі. Унаслідок цього знижується результуюча магніторушійна сила (далі по тексті – МРС) і створюване магнітною вставкою утримуюче зусилля. Таким чином, експлуатаційна ефективність відомої конструкції електромагніта практично невелика. Крім того, недоліком відомої конструкції є те, що ЕРС взаємоіндукції не дає можливості забезпечити чистоту вимикання магнітної системи електромагніта, тому що при поверненні якоря у вихідне становище (положення) вставка з магнітотвердого матеріалу, переміщується щодо витків знеструмленої котушки намагнічування, індукуює в обмотці котушки електричний струм і намагнічується сама, тобто не повністю "обнулюється", що може викликати несанкціоноване притягання якоря.

В основу даного винаходу поставлена задача підвищення експлуатаційної ефективності за допомогою зниження енерговитрат, за допомогою скорочення відмовлень і збільшення наробітку на відмовлення, а також за допомогою підвищення функціональності (розширення функційних можливостей) електромагніту.

Поставлена задача вирішена у винаході тим, що у відомому способі керування магнітним потоком електромагніта з релейною тяговою характеристикою, яка визначається щонайменше двома стійкими рівнями значень магнітного потоку в складовому магнітопроводі, виконаному, щонайменше, частково з магнітотвердого матеріалу з одним повітряним зазором, шляхом подачі керуючих імпульсів електричного струму в обмотку котушки намагнічування з можливістю одержання притягуючого зусилля рухомої частини магнітопровода (якоря) електромагніта, відповідно до винаходу, використовують такий магнітотвердий матеріал магнітопровода, який має властивість зберігати при перемагнічуванні щонайменше два стійких стани намагніченості, а в якості керуючих імпульсів електроструму в обмотку намагнічування складового магнітопровода електромагніта подають два короткочасних імпульси протилежної полярності, при цьому при подачі першого імпульсу забезпечують замикання магнітного ланцюга і мінімізацію магнітного опору магнітопровода за рахунок мінімізації повітряного зазору магнітопровода з наступною максимізацією магнітного потоку в магнітопроводі з його переходом в один із стійких станів, який характеризується максимальним значенням магнітного потоку в магнітопроводі, (який є відповідним енергії керуючого імпульсного впливу), з можливістю перебування складового магнітопровода електромагніта в цьому стійкому стані і забезпеченням його утримуючого і/або притягуючого зусилля до подачі другого керуючого імпульсу електроструму протилежної полярності, енергетична характеристика якого по величині достатня для переходу магнітопровода в інший стійкий стан, який характеризується (іншою) відповідною йому величиною магнітного потоку і (іншою) відповідною йому величиною утримуючого і/або притягуючого зусилля, наприклад, з нульовим значенням магнітного потоку, тобто $\Phi = 0$ при "обнулінні".

Поставлена задача вирішена і тим, що подачу першого керуючого імпульсу струму в обмотку котушки намагнічування з наступною максимізацією магнітного потоку в складовому магнітопроводі здійснюють до мінімізації повітряного зазору, а також тим, що значення керуючого магнітного потоку в складовому магнітопроводі електромагніта (забезпеченого за рахунок першого керуючого імпульсу електроструму в обмотці котушки намагнічування електромагніта) до замикання магнітного ланцюга магнітопровода забезпечують на рівні його оптимального значення, необхідного для створення робочого притягуючого зусилля електромагніта, і підтримки його (на цьому рівні) до ліквідації повітряного зазору і намагнічування матеріалу магнітопровода, після чого знімають електричну імпульсну напругу з обмотки котушки намагнічування, а утримуюче і/або притягуюче зусилля електромагніта забезпечують за рахунок "магнітної пам'яті" матеріалу складового магнітопровода з можливістю одержання при цьому утримуючого зусилля, величина якого складає $F \leq 0,98 F_{\max}$, де F_{\max} — максимальне значення утримуючого зусилля електромагніту, створюваного обмоткою котушки намагнічування.

Поставлену задачу вирішують ще і тим, що необхідну потужність керуючих імпульсів з можливістю забезпечення необхідного притягуючого і/або утримуючого зусилля (електромагніта) забезпечують за рахунок зміни параметрів керуючих імпульсів, обраних з ряду, що складається з амплітуди імпульсу, його тривалості, його форми, їхньої комбінації.

Крім того, задачу, поставлену у винаході, вирішують тим, що в обмотку намагнічування подають другий управляючий імпульс струму з іншою енергетичною характеристикою в порівнянні з характеристикою першого керуючого імпульсу і забезпечують перехід магнітопроводу в один з інших стійких станів - третій стійкий стан, який характеризується відповідною величиною магнітного потоку в складовому магнітопроводі і відповідною величиною утримуючого і/або притягуючого зусилля.

Задачу вирішують ще й тим, що забезпечують перехід магнітопроводу в стійкий стан, який характеризується величиною магнітного потоку в магнітопроводі, яка дорівнює нулю, шляхом подачі в обмотку котушки намагнічування керуючого імпульсу струму, який забезпечує напруженість магнітного поля в магнітопроводі, яка дорівнює коерцитивній силі на кривій намагнічування складового магнітопроводу, і відповідне утримуюче і/або притягуюче зусилля.

При цьому одним зі стійких станів складового магнітопроводу є його вихідний стан, який характеризується магнітним потоком, величина якого дорівнює вихідному значенню, і відповідним йому значенням притягуючого і/або утримуючого зусилля.

А тривалість t_1 першого керуючого імпульсу електроструму в обмотці котушки намагнічування (і, відповідно, магнітного потоку в складовому магнітопроводі електромагніта) прямої полярності і тривалість t_2 другого керуючого імпульса зворотної полярності не перевищують потроєної величини постійної часу τ перехідного процесу для маси рухомої частини магнітопроводу, тобто $t_1 \leq 3\tau$ і $t_2 \leq 3\tau$, де τ - постійна часу перехідного процесу.

При цьому задачу вирішують також тим, що тривалість t_2 другого керуючого імпульсу магнітного потоку (у складовому магнітопроводі електромагніта) зворотної полярності в $2 \div 5$ разів менша ніж тривалість t_1 першого керуючого імпульсу магнітного потоку (у складовому магнітопроводі електромагніта) прямої полярності і складає $t_1 = (2 \div 5) t_2$.

У якості першого керуючого імпульсу електроструму в обмотку котушки намагнічування може бути поданий імпульс у вигляді серії періодичних (модульованих) імпульсів, амплітуда (огинаюча) яких наростає від нульового значення, а в якості другого керуючого імпульсу електроструму в обмотку котушки намагнічування може бути поданий імпульс у вигляді серії періодичних (модульованих) імпульсів, амплітуда (огинаюча) яких згасає (до нульового значення).

Крім того, поставлену у винаході задачу вирішують тим, що у відомому електромагніті електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаному у вигляді щонайменше однієї

катушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів електричного струму в обмотці катушки намагнічування, відповідно до винаходу, магнітопровід виконаний з можливістю замикання магнітного потоку при мінімізації повітряного зазору, при цьому статор виконаний у вигляді плоскої основи з закріпленою на ній щонайменше однією вставкою з магнітотвердого матеріалу і катушкою намагнічування, а також нормально замкнутими контактами, включеними послідовно в ланцюг електропостачання (обмотки) катушки намагнічування, з виконаним у центрі основи отвором для (проходження) перемикача контактів, а якорь виконаний у вигляді сталевий пластини щонайменше з двома стрижнями, прикріпленими до неї торцями, при цьому якорь забезпечений штовхальником, який своїм верхнім торцем прикріплений до якоря, а також щонайменше однією зворотною пружиною.

Перемикач контактів може бути виконаний у вигляді штовхальника, який своїм верхнім торцем жорстко зв'язаний з якорем.

Якорь електромагніта може бути виконаний із пластини П-подібної форми в поздовжньому перетині, при цьому стрижні виконані пластинчастими і прикріплені до бічних торців пластини якоря, а вставка з магнітотвердого матеріалу виконана у вигляді бруска.

Магнітопровід електромагніта може бути виконаний у вигляді двох пластин, щонайменше двох стрижнів і щонайменше однієї вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю замикання магнітопроводу при мінімізації повітряного зазору, при цьому рухомий якорь виконаний П-подібної форми з однієї з пластин і двох стрижнів, з'єднаних з нею торцями, а нерухомий статор виконаний у вигляді іншої з пластин, на якій закріплена (щонайменше одна) вставка з магнітотвердого матеріалу, яка розміщена в осьовому каналі щонайменше однієї з катушок намагнічування.

Поставлена у винаході задача вирішується також тим, що магнітопровід може бути виконаний також у вигляді двох пластин, щонайменше однієї вставки з магнітотвердого матеріалу і щонайменше трьох стрижнів з можливістю замикання магнітопроводу при мінімізації повітряного зазору, при цьому рухомий якорь виконаний П-подібної форми у поздовжньому перетині, стрижні торцями з'єднані з однією з пластин (якорем), а нерухомий статор виконаний у вигляді іншої з пластин, на якій закріплена щонайменше одна вставка з магнітотвердого матеріалу, встановлена на пластині в днищі щонайменше однієї з катушок намагнічування.

Поставлену у винаході задачу вирішують також і тим, що у відомому електромагніті електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаному у вигляді щонайменше однієї ко-

тушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів струму в обмотці котушки намагнічування, згідно до винаходу, магнітопровід виконаний з можливістю замикання при мінімізації повітряного зазору і при цьому містить корпус, виконаний у формі диска, на якому розміщена щонайменше одна магнітна система підковоподібної (сегментовидної) форми з коаксиально розміщеними (бічними) стінками, при цьому в корпусі розміщена щонайменше одна котушка намагнічування, а якір магнітопроводу збезпечений капелюшком і зворотною пружиною і виконаний з можливістю зворотно-поступального обертання по круговому фігурному каналу (пазу), виконаному по дузі окружності, при цьому вставка з магнітотвердого матеріалу встановлена на стінці корпуса, яка ортогональна напрямку переміщення якоря (і обмежує хід якоря). Задача вирішена також і тим, що в зазначеному відомому електромагніті електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаному у вигляді щонайменше однієї котушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів струму в обмотці котушки намагнічування, згідно до винаходу, магнітопровід виконаний у вигляді порожнього циліндру, забезпеченого щонайменше одним стрижнем, при цьому на дні циліндру закріплена магнітотверда вставка, стрижень є подовженням вставки, торцева частина стрижня виконана в одній площині з торцевою частиною циліндра, щонайменше одна котушка намагнічення охоплює стрижень, а рухомий якір виконаний у формі диска із забезпеченням можливості замкнення (своєю площиною) магнітного ланцюга магнітопровода при переміщенні відносно статора.

В якості рухомого якоря можуть бути використані конструктивні елементи металобрухту.

Якір може бути виконаний з можливістю зворотно-поступального лінійного переміщення відносно статора.

Якір може бути виконаний з можливістю зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора.

Якір може бути виконаний з можливістю зворотно-поступального лінійного і одночасно з цим зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора.

Статор може бути виконаний у вигляді двох П-подібних частин, жорстко зв'язаних одна з одною бічними поверхнями стрижнів з утворенням (нерухомого) статора Ш-подібної форми,

при цьому на переважно крайніх у поздовжньому перетині стрижнях можуть бути розміщені щонайменше дві котушки намагнічування з можливістю створення погоджених магнітних потоків у стрижнях (магнітопроводу).

Статор може бути додатково забезпечений котушкою намагнічення, обмотка якої встановлена на середньому стрижні.

Обмотка котушки, встановленої на середньому стрижні, може бути включена згідно з обмотками на крайніх стрижнях.

Обмотка котушки, встановленої на середньому стрижні, може бути включена зустрічно з обмотками на крайніх стрижнях. Нарешті, задача вирішена і тим, що статор магнітопроводу виконаний у формі порожнього циліндра, частина якого виконана з магнітотвердого матеріалу, а якір – у вигляді кришки циліндра зі стрижнем, коаксально розміщеним у (внутрішній) порожнині циліндра, обмотка котушки намагнічування коаксально розміщена в порожнині циліндра, при цьому магнітопровід виконаний з можливістю його замикання кришкою циліндра, а також з можливістю торкання стрижнем дна циліндра при мінімізації повітряного зазору, утворення об'ємно-замкнутої конструкції “циліндр-кришка-стрижень” і намагнічування вставки з магнітотвердого матеріалу із забезпеченням утримуючого зусилля електромагніта, яке переважно дорівнює силі тяги, створюваної котушкою намагнічування.

Таке виконання винаходу підвищує ефективність електромагніта за допомогою зниження енергоспоживання, за допомогою підвищення надійності за рахунок зниження аварійних відмовлень і збільшення наробітку на відмовлення, а також за допомогою підвищення функціональності (розширення функціональних можливостей) і поліпшення масо-габаритних характеристик заявленого об'єкту.

Короткий опис фігур креслень.

Надалі заявлена група винаходів ілюструється фігурами креслень, на яких схематично відображено:

Фіг. 1 – еквівалентна схема магнітного ланцюга складового магнітопроводу заявленого електромагніта;

Фіг. 2 – часові діаграми параметрів, що характеризують процеси в заявленому електромагніті зі складовим магнітопроводом;

Фіг. 3 – схематичні криві намагнічування та енерговитрат на намагнічування магнітотвердих матеріалів складового магнітопроводу заявленого електромагніта, а саме для сплавів:

ЮН13ДК24 під позначкою 31,

ЮН15ДК25БА під позначкою 32,

ЮНДК35Т5БА під позначкою 33,

КСПЗ7А (SmCo) під позначкою 34,
 28CA250 (FeBa) під позначкою 35 і
 NdFeB під позначкою 36;

Фіг. 4 – таблиця електромагнітних властивостей магнітотвердого і магнітом'якого матеріалів, використовуваних у складовому магнітопроводі відповідно до винаходу – таблиця 1;

Фіг. 5 - 8 – електромагніт з багатострижевим складовим магнітопроводом і лінійним зворотно-поступальним переміщенням якоря, вид зпереду (поздовжній перетин) і, відповідно, вид зверху;

Фіг. 9 і 10 – електромагніт із складовим магнітопроводом і зворотно-поступальним обертальним переміщенням якоря, вид зверху (поперечний перетин) і, відповідно, вид зпереду (поздовжній розріз);

Фіг. 11 і 12 – електромагніт з багатострижевим складовим магнітопроводом і зворотно-поступальним лінійним, або із зворотно-поступальним обертальним переміщенням якоря відносно статора, або з тим і іншим одночасно, вид зпереду (поздовжній перетин) та вид зверху;

Фіг. 13 – електромагніт з однострижевим складовим магнітопроводом, вид зпереду (поздовжній перетин).

Істотною особливістю заявленої групи винаходів є те, що для її здійснення повинні бути виконані наступні умови:

1) Повітряний зазор повинний бути мінімізований. Це з однієї сторони означає, що повинно бути мінімізованим поле розсіювання, а з іншого боку – що магнітний ланцюг заявленого електромагніту на фіг.1-13 виконаний замкнутим і складається з окремих послідовно з'єднаних ділянок феромагнетика з мінімізованим сумарним опором еквівалентного магнітного ланцюга, так що повний магнітний потік проходить через кожен з ділянок еквівалентного магнітного ланцюга;

2) Феромагнетик замкнутого еквівалентного магнітного ланцюга заявленого електромагніту на фіг. 1-13 повинен бути обов'язково виконаний складовим, а саме з комбінації магнітом'якого і магнітотвердого матеріалів, оскільки виконання магнітного ланцюга електромагніта тільки з магнітотвердого матеріалу, наприклад, зі сплавів типу ЮНД8 чи ЮНДК15, ЮНДК18С, ЮН13ДК24, ЮН13ДК25, ЮН14ДК25 і т.п., дуже істотно збільшує собівартість і тим самим знижує ефективність заявленого винаходу. Крім того, у цьому випадку потрібна значно більша витрата енергії на перемагнічування магнітотвердого матеріалу магнітопроводу електромагніта;

3) Зазначена комбінація магнітом'якого і магнітотвердого матеріалів у магнітному лан-

цюгу електромагніта на фігурах 1-13 повинна бути підібрана такою, щоб, з одного боку, можна було б забезпечити перемагнічування магнітотвердої вставки магнітного ланцюга з можливістю при цьому перевести магнітопровід в один (з декількох) стійких станів за рахунок “магнітної пам'яті” магнітотвердого матеріалу, а з іншого боку – можна було б з мінімальними енерговитратами і без застосування спеціальних засобів повернути магнітопровід у первісний (початковий) стан намагніченості. В кожному з цих випадків магнітом'який матеріал відіграє роль магнітопровода з порівняльно високою магнітною проникністю і порівняльно низькою вартістю, а необхідні магнітні властивості (“магнітну пам'ять” і т.п.) забезпечують за рахунок використання магнітотвердого матеріалу, (магнітотверда вставка практично цілком акумулює магнітну енергію, створену котушкою намагнічування);

4) Для ефективного використання енергії електромагніта забезпечують можливість проходження магнітного потоку через магнітотверду вставку цілком, тобто без витоків через паралельні гілки (галузі) магнітного ланцюга з магнітом'якого матеріалу, тим більше через повітряні зазори. При цьому площа поперечного перетину магнітотвердої вставки повинна бути по величині такою, що переважно порівняна (а в оптимальному випадку дорівнює) площі поперечного перетину магнітом'якої частини магнітопровода, а їхні обсяги (їхні маси) повинні бути таким, що розраховані в залежності від конкретно заданих притягаючих і/або утримуючих зусиль, створених електромагнітом;

5) Треба, щоб напрямок вектора напруженості магнітного поля в магнітотвердому матеріалі практично збігався з напрямком розміщення (орієнтації) доменів матеріалу магнітотвердої вставки, тобто треба, щоб виконувалась умова $\cos \alpha = 1$, де $\alpha = 0$ – кут між зазначеними напрямками (як для ізотропних, так і для анізотропних магнітотвердих матеріалів);

6) Використовувані магнітотверді матеріали для складового магнітопровода (сплави і т.п.) повинні мати, по можливості, мінімальну енергію, необхідну для їх перемагнічування (див. криві 31-36 на фіг. 3);

7) Подача керуючого імпульсу електроструму, що намагнічує, повинна закінчуватися після мінімізації повітряного зазору, тобто потрібно забезпечити умови збереження “магнітної пам'яті” саме максимальної магнітної енергії, яку подали в магнітотвердий матеріал вже після мінімізації повітряного зазору.

Дотримання вищезазначених умов 1-7 необхідно для забезпечення перемагнічування магнітотвердої вставки при реалізації заявленого способу. Отже, воно також необхідно для конструктивного утілення винаходу в заявлених варіантах пристоя, які реалізують заявлений спосіб.

Відповідно до винаходу, реалізацію зазначених умов забезпечують (разом із здійсненням заявленого способу керування магнітним потоком у складовому магнітопроводі електромагніта) за допомогою:

- трансформації розімкнутого складового магнітопроводу в кільцевий замкнений магнітопровід з мінімальним повітряним зазором – при його намагнічуванні,
- а також за допомогою зворотної його трансформації в розімкнутий магнітопровід з істотним повітряним зазором – при його розмагнічуванні, тобто при “обнулінні” магнітного потоку в магнітопроводі.

При дотриманні зазначених умов відбувається за кільцевування магнітного потоку по феромагнетику магнітопроводу заявленого електромагніта, завдяки чому МРС, індукована обмоткою котушки намагнічування і прикладена до феромагнетика магнітопроводу заявленого електромагніта, перерозподіляється між магнітом'якою частиною складового магнітопроводу і послідовно включеної з нею в магнітний ланцюг магнітотвердою вставкою. Цей перерозподіл прямо пропорційний магнітним опорам цих частин складового магнітопроводу, тобто обернено пропорційно їх магнітним провідностям (див. еквівалентну схему на фіг.1), оскільки через кожен з зазначених частин еквівалентної схеми, з'єднаних послідовно одна з одною у складовому магнітопроводі, проходить один і той же магнітний потік Φ . Оскільки магнітопровідність матеріалу магнітотвердої вставки (частини) складового магнітопроводу значно менша, ніж магнітна магнітопровідність магнітом'якої частини матеріалу складового магнітопроводу, то практично вся МРС (принаймні більша її частина) виявляється прикладеною до магнітотвердої вставки, тобто напруженість магнітного поля в магнітотвердій вставці буде максимальною і дуже значною – практично її величина буде цілком визначатися величиною МРС, створюваною обмоткою котушки намагнічування. Крім того, разом з одночасним зниженням габаритів і маси електромагніта імпульсна подача магнітної енергії в магнітотверду вставку забезпечує можливість істотно (на порядок і більш) збільшити енергію в імпульсі. Це сприяє дуже значному збільшенню намагніченості матеріалу магнітотвердої вставки, що визначається величиною $B_{\text{роб.ном.}}$ магнітної індукції на кривій намагнічування на фіг. 2 для матеріалу магнітотвердої вставки. Це значення $B_{\text{роб.ном.}}$ магнітної індукції забезпечує притягуваче зусилля F електромагніта, оскільки F пропорційна добутку

$$B_{\text{роб.ном.}} \times S \times m \times \cos \alpha, \text{ де}$$

$B_{\text{роб.ном.}}$ – номінальне значення роб очої індукції,

S – площа поперечного перетину магнітотвердої вставки,

m – маса вставки,

α – кут між напрямками вектора напруженості магнітного поля, створюваного котушкою намагнічування, і напрямком упорядкованості доменів матеріалу магнітотвердої вставки. Якщо ці напрямки збігаються, то $\alpha = 0$ і $\cos \alpha = 1$.

У цьому випадку (з урахуванням виконання умов 1-7) магнітотверда вставка складового замкнутого магнітопроводу електромагніта працює як постійний магніт, який намагнічений до

практично максимального значення магнітної індукції, тобто до значення, близького до значення індукції насичення магнітотвердого матеріалу B_{\max} . У цих умовах, тобто при мінімізації повітряного зазору і дотриманні інших умов 1-7, така вставка з магнітотвердого матеріалу, виконана, наприклад, зі сплаву АЛЬНИКО – тобто із сплаву Al, Ni, Co (є численні варіанти сплаву – див. таблицю 1, що досить поширені, порівняно недорогі і серед яких мають перевагу магнітотверді феромагнетики з порівняльно невеликою енергією на перемагнічування, наприклад, один з вказаних сплавів, а саме сплав ~~10Н13ДК24~~ який має позначку 3 (на фіг.3), характеризується значенням магнітної індукції, яка близька до значення індукції насичення B_{\max} і, відповідно, забезпечує утримуюче зусилля F електромагніта, яке у декількох разів перевищує утримуюче зусилля постійного магніту, виготовленого з тих же матеріалів і з тими ж габаритними розмірами, що і вставка. Тобто для випадків використання одного і того ж самого магнітотвердого матеріалу в замкнутому чи в розімкнутому магнітному ланцюзі магнітопроводу, магнітна індукція, створювана постійним біполярним магнітом буде відрізнятися не менш, ніж на порядок, а саме $B_{\text{роб.ном.}} : B_{\max} = 10 \div 15$.

Магнітопровід заявленого електромагніта (фіг. 5 – 13) складається з рухомої 1 і нерухомої 2 частин і виконаний з можливістю замикаання магнітного ланцюга при мінімізації повітряного зазору. При цьому нерухома частина 2 (фіг. 5 - 6), що є статором магнітопроводу, виконана у вигляді сталеві плоскій основи (сталь Ст. 3) з закріпленими на ній двома вставками 3 із магнітотвердого матеріалу - сплаву КСП37А(SmCo) і котушками 4 намагнічування, а також з нормально замкнутими контактами 5 і 6, включеними послідовно в ланцюг електропостачання (обмотки) котушки 4 намагнічування. В центрі основи 2 виконаний отвір 7 для проходження перемикача 8 контактів, який виконаний у вигляді штовхальника, який своїм верхнім торцем жорстко зв'язаний з рухомою частиною 1 – якорем магнітопроводу, який являє собою сталеву пластину (сталь Ст.3) - основу з двома закріпленими стрижнями 9 (сталь Ст.3), прикріпленими до основи своїми торцями. Якір забезпечений зворотною пружиною і виконаний з можливістю зворотно-поступального переміщення уздовж вісі стрижнів. Посередині рухомої частини 1 виконаний отвір для проходження перемикача 8 нормально замкнутих контактів 5-6. Електромагніт забезпечений двома зворотними пружинами 10 і 11 і зверху закритий кришкою 12.

Додатковий технічний результат, одержуваний від використання заявленого варіанту пристрою, відображеного на фіг. 5 - 6, полягає в можливості реалізації винаходу у виконавчих пристроях стрижневого типу, тобто в пристроях, приводи яких можуть бути розміщені між котушками намагнічування, тобто по осі електромагнітної системи. Це можуть бути, наприклад, виконавчі пристрої клапанів чи засувов гідросистем, магнітні пускачі, контактори, запірні при-

строї для блокування замків сейфів, автомобілів, дверей і т.п. з метою запобігання не-санкціонованого проникнення, обгінні муфти, муфти зчеплення, гальмові механізми і т.д.

У порівнянні з відомими конструкціями електромагніта заявлений винахід забезпечує збільшення в декілька разів тяглового й утримуючого зусиль, тому що заявлений винахід забезпечує можливість роботи в імпульсному режимі з відсутністю енергоспоживання в обмотку 4 котушки намагнічення, яка чекає в знеструмленому стані, внаслідок чого практично відсутнє нагрівання котушки намагнічування. Результатом цього, у кінцевому рахунку, є можливість істотно (на порядок і більш) збільшити потужність струму в обмотці 4 котушки і, отже, кількість ампер-витків котушки намагнічування і, відповідно, збільшити тяглове і/або утримуюче зусилля електромагніта при зниженні водночас його масо-габаритних характеристик.

Нижче пояснюються особливості варіантів виконання конструкції заявленого електромагніта й особливості заявленого способу, який реалізований в заявлених конструкціях. Вказані особливості виконання винаходу ні в якому разі не накладають обмежень на винахід в цілому.

В електромагніті електромагнітного приводу на фіг. 7 якір 1 виконаний із сталевієї пластини (сталь 10) П-подібної форми в поздовжньому перетині, при цьому стрижні 9 виконані пластинчастими (сталь 10) і прикріплені до бічних торців пластини якоря 1, а вставка 3 з магнітотвердого матеріалу, саме із сплаву КСПЗ7А(SmCo), виконана у вигляді бруска. Додатковий технічний результат, одержуваний від використання заявленого пристрою, відображеного на фіг. 7, полягає в розширенні функціональних можливостей заявленого електромагніта шляхом його використання, наприклад, в і в підвищенні надійності роботи.

В електромагніті електромагнітного приводу на фіг. 8 магнітопровід виконаний у вигляді двох сталевих пластин 1 та 2 (сталь 20), однієї вставки 3 з магнітотвердого матеріалу - сплаву КСПЗ7А(SmCo) і трьох сталевих стрижнів 9 (сталь Ст.3) з можливістю замикання магнітопроводу при мінімізації повітряного зазору. Рухомий якір виконаний Ш-подібної форми, стрижні 9 торцями з'єднані з пластиною 1, а нерухомий статор 2 виконаний у вигляді другої з сталевих пластин, на якій закріплена вставка 3, встановлена на пластині 2 в днищі котушки 4 намагнічування.

Додатковий технічний результат, одержуваний від використання заявленого пристрою, відображеного на фіг. 8, полягає в розширенні функціональних можливостей заявленого електромагніта шляхом його використання, наприклад, в *пусках*, і підвищеній економії мідного проводу.

В електромагніті електромагнітного приводу на фіг. 9 і 10 магнітопровід виконаний з можливістю замикання при мінімізації повітряного зазору і в якості нерухомого статора містить

сталевий корпус 13 (сталь Ст. 3), виконаний у формі диска, на якому розміщені дві магнітні системи підковоподібної (сегментовидної) форми з коаксиально розміщеними бічними стінками 14 та 15. При цьому в корпусі 13 розміщені одна котушка 4 намагнічування й одна котушка 16 розмагнічування кожної магнітної системи. Рухомий сталевий якір 1 (сталь Ст.3) магнітопроводу кожної з магнітних систем забезпечений капелюшком 17, зворотною пружиною 11 і виконаний з можливістю обертального зворотно-поступального переміщення по фігурному каналу (пазу) 18, виконаному по дузі окружності. На стінці каналу 18, яка ортогональна напрямку переміщення якоря і обмежує хід якоря 1, встановлена вставка 3 з магнітотвердого матеріалу-сплаву КСП37А(SmCo), яка прикріплена до корпусу 13.

Додатковий технічний результат, одержуваний від використання заявленого пристрою, відображеного на фіг. 9 і 10, полягає в розширенні функціональних можливостей заявленого електромагніта шляхом його використання, наприклад, в обгінних чи храпових муфтах, за рахунок можливості створення і використання додаткових функцій цих муфт, а також у клапанах гідравлічних систем з можливістю регулювання прохідного перетину клапана.

В електромагніті електромагнітного приводу на фіг. 11 і 12 магнітопровід виконаний у вигляді порожнього сталевго циліндру 19 (сталь Ст.3), забезпеченого чотирма сталевими стрижнями 9 (сталь Ст.3). На дні 20 циліндру 19 закріплено чотири вставки 3 з магнітотвердого матеріалу - сплаву КСП37А(SmCo). При цьому стрижні 9 є продовженням відповідної магнітотвердої вставки 3, а торцова поверхня кожного стрижня 9 виконана в одній площині з торцевою частиною (поверхнею) циліндра 19. Кожний із стрижнів 9 охоплений відповідною котушкою 4 намагнічування, а рухомий якір 1 виконаний у формі диска із забезпеченням можливості замкнення своєю площиною магнітного ланцюга магнітопровода при зворотно-поступальному лінійному і/або обертальному переміщенні якоря 1 відносно статора 19.

Варіант виконання електромагніта на фіг. 11-12 при знятому якорі 1 і перевернутому в площині малюнка на 180° електромагніті характеризується тим, що в якості рухомого якоря 1 можуть бути використані конструктивні елементи металобрухту, а електромагніт може бути використаний як економічний засіб для транспортування металобрухту або ж інших металевих вантажів. При цьому якір може бути виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального лінійного переміщення відносно статора.

Якщо ж якір виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора, він може бути використаний як обгонна муфта, муфта зчеплення для передачі обертального моменту, тормозний елемент машини і т.п.

А якщо ж якір виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального лінійного і одночасно з цим зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора, його функціональні можливості ще більш розширюються.

Вище зазначений варіант виконання заявленого електромагніту характеризується тим, що статор виконаний у вигляді двох П-подібних частин, жорстко зв'язаних одна з одною бічними поверхнями стрижнів з утворенням (нерухомого) статора Ш-подібної форми, при цьому на переважно крайніх у поздовжньому перетині стрижнях розміщені дві котушки намагнічування з можливістю створення погоджених магнітних потоків у стрижнях магнітопроводу.

Цей варіант виконання має той додатковий технічний результат, що він сприяє підвищеній намагніченості магнітопроводу. Цьому також сприяє те, що статор додатково забезпечений котушкою, встановленою на середньому стрижні, обмотка якої включена згідно з обмотками на крайніх стрижнях.

Варіант виконання заявленого електромагніту, в якому обмотка котушки, встановленої на середньому стрижні, включена зустрічно з обмотками на крайніх стрижнях, має додатковий результат, який сприяє більш ефективному розмагнічуванню магнітопроводу і, тим скамим, більш ефективному керуванню магнітним потоком електромагніта.

В електромагніті електромагнітного приводу на фіг. 13 статор 2 магнітопроводу виконаний у формі порожнього сталевго циліндра (сталь Ст. 3), частина якого – вставка 3 виконана з магнітотвердого матеріалу, а саме із сплаву КСП37А(SmCo), а рухомий якор 1 – у вигляді кришки 21 зі сталевим стрижнем 9 (сталь Ст.3), коаксально розміщеним у внутрішній порожнині 22 каркаса 23 котушки намагнічування, яка, в свою чергу, також коаксально розміщена у внутрішній порожнині 24 циліндра 2 і охоплює стрижень 9. Магнітопровід виконаний з можливістю зворотно-поступального лінійного переміщення стрижня 9 в порожнині 22 каркаса котушки намагнічування і можливістю його замикання кришкою 21 циліндра 2, а також з можливістю торкання стрижнем 9 вставки 3 на дні циліндра 2 при мінімізації повітряного зазору і з можливістю утворення об'ємно-замкнутої конструкції “циліндр 2 – кришка 21 – стрижень 9” і намагнічування вставки 3 з магнітотвердого матеріалу із забезпеченням утримуючого зусилля електромагніта, яке переважно дорівнює тяговій силі, створюваній котушкою 4 намагнічування.

Додатковий технічний результат, одержуваний від використання заявленого пристрою, відображеного на фіг. 13, полягає в підвищенні помехозахищеності магнітної системи від зовнішніх магнітних полів.

Аналітично встановлено і підтверджено практикою, що збільшення кількості стрижнів стрижневого якоря заявленого електромагніта дозволяє зменшити площу поперечного перетину кожного з них, оскільки для заявленої конструкції (див., наприклад, фіг. 5, 8, 11) має значення сумарна площа їхнього поперечного перетину. З іншого боку, послідовне включення обмоток котушок намагнічування на цих стрижнях дозволяє збільшити сумарну кількість ампер-витків,

забезпечувану цими обмотками; тобто зберегти (і навіть збільшити) МРС і зусилля, що притягає, забезпечуваним електромагнітом, при одночасному з цим зменшенні витрати міді, оскільки конструктивним шляхом при цьому забезпечують істотне зниження середньої довжини витка $l_{\text{ср}}$ обмотки, яка створює необхідні ампер-витки. Так, в електромагніті з рухомих стрижневим якорем, в якому використані чотири стрижні, забезпечується додатковий ефект у вигляді економії витрати міді приблизно в 2 рази.

Крім того, аналітичним шляхом встановлений і підтверджений експериментально додатковий ефект заявленої групи винаходів, що полягає в тому, що імпульсне енергопостачання обмоток котушок намагнічування заявленого електромагніта, незалежно від зазначеного вище ефекту, дозволяє ще приблизно в $3 \div 5$ разів скоротити витрати міді (у залежності від конструктивних особливостей) за рахунок підвищення електричної потужності в імпульсі.

Це пов'язано з тим, що внаслідок короточасної імпульсної подачі напруги на обмотку електромагніта, відповідно до винаходу, а також у результаті подальшої відсутності електричного струму в обмотці до подачі другого керуючого імпульсу забезпечують такий тепловий режим експлуатації електромагніта, при якому обмотка котушки намагнічування не встигає нагріватися до критичних температур.

Таким чином, як встановлено практично, обидва додаткових ефекту сумарно забезпечують зниження металоемності на $50 \div 90\%$.

Використання в заявленому способі і в заявленому електромагніті імпульсу струму, що розмагнічує, дозволяє використовувати в якості магнітотрального матеріалу складового магнітопроводу будь-яку (магнітопровідну); у тому числі звичайну конструкційну, сталь замість спеціальної електротехнічної сталі без небезпеки залипання рухомого якоря. Крім того, оскільки керування магнітним потоком електромагніта здійснюють за допомогою одиночного керуючого імпульсу (чи двох-трьох керуючих імпульсів) і обмотка котушки намагнічування знаходиться під електричною напругою дуже нетривалий час, це забезпечує низькі втрати в сталі (на вихрові струми, на перемагнічування і т. ін.), що дає можливість не використовувати складовий (шихтований) сердечник. Це також знижує собівартість і є ще одним додатковим технічним результатом, забезпечуваним при реалізації заявленого винаходу.

Відсутність електроструму в обмотці котушки намагнічування електромагніта в двох основних стійких станах магнітопроводу забезпечує відсутність шумів і вібрацій у порівнянні з магнітними системами контакторів (пускатрів і т.п.), обмотки яких у робочому стані знаходяться під електричною напругою. Цей ефект також є додатковим технічним результатом, що веде до підвищення експлуатаційної надійності внаслідок зменшення "малого механічного зносу" контактів і деталей електропривода, що в кінцевому рахунку також підвищує

ефективність заявленої групи винаходів.

Подача на обмотку котушки намагнічування заявленого електромагніта короткочасних керуючих імпульсів напруги дозволяє при порівняльних тяглових характеристиках і утримуючих зусиллях електромагніта істотно знизити металоємність заявленого електромагніта за рахунок можливості зменшити кількість витків обмотки намагнічування і збільшити силу струму керуючого імпульсу. Це ще один додатковий технічний результат, забезпечуваний заявленим винаходом у вигляді істотного (на порядок) поліпшення масо-габаритних характеристик.

Зниження маси рухомих деталей магнітопроводу електромагніта підвищує швидкість електромагніта й одночасно з цим істотно зменшує імовірність наклепу (у місцях механічного контакту металевих деталей). Цьому також сприяє ефект пневматичного демпфування стрижнів якоря у внутрішніх порожнинах котушок намагнічування. Це також є додатковим технічним результатом від використання заявленого винаходу.

Ще одним додатковим технічним результатом від використання заявленого винаходу є те, що у випадку використання винаходу в контакторах особливість заявленої конструкції приводить до того, що, по-перше, сила стиску контактів контактора не залежить від зниження напруги електроживлення, а, по-друге, підвищення напруги електроживлення не може привести до розігріву обмотки котушки намагнічування контактора, тому що в робочому стані вона знеструмлена.

Нижче дається якісно-кількісний аналіз, який варто розглядати як приклад № 1 реалізації заявленого способу, а також заявленого електромагніта. З аналізу стають більш зрозумілими особливості заявленого способу керування магнітним потоком у складовому магнітопроводі заявленого електромагніта й особливості конструкції заявленого електромагніта.

При аналізі магнітних ланцюгів зручно і загальноприйнято використовувати аналогію між магнітними і електричними ланцюгами. У цьому випадку магнітні ланцюги звичайно можуть бути представлені у вигляді електричних схем, що відображають протікання електричного струму в ланцюзі, який є електричним аналогом зазначеного магнітного ланцюга, і надалі аналізують вже саме такі електричні схеми.

Електрична схема, показана на фіг. 1, відображає еквівалентний замкнутий магнітний ланцюг складового магнітопроводу заявленого електромагніта. При цьому магнітопровід, щонайменше частково, виконаний з магнітотвердого матеріалу. Нижче надан аналіз цього ланцюга, представлений у вигляді послідовно з'єднаних елементів.

Частина магнітопроводу (на схемі фіг. 1), виконана з магнітотвердого матеріалу, відображена у вигляді джерела магніторушійної сили MPC і магнітного опору R_r магнітотвердого матеріалу, а частина магнітопроводу, виконана з магнітом'якого матеріалу, відображена у

вигляді магнітного опору R_m магнітом'якого матеріалу. Відповідно повітряний зазор складового магнітопроводу відображений на схемі фіг. 1 у вигляді магнітного опору R_a повітряного зазору.

Для спрощення міркувань аналіз зроблено у припущенні, що розсіювання магнітного потоку, вихрові струми й інші малозначні для наших міркувань явища умовно враховані в складі магнітного опору R_a повітряного зазору.

Тоді величина магніторушійної сили (МРС) в аналізованому ланцюзі пропорційна залишковій намагніченості магнітотвердого матеріалу, а величини магнітних опорів R_t , R_m , R_a , відповідно, магнітотвердого матеріалу, магнітом'якого матеріалу і повітряного зазору пропорційні магнітним проникностям, відповідно, μ_t магнітотвердого матеріалу, μ_m магнітом'якого матеріалу і μ_a повітряного зазору. Крім того, вони відповідно пропорційні довжині (довжині силових ліній) магнітотвердого матеріалу, магнітом'якого матеріалу і величині повітряного зазору.

Зрозуміло, що при збільшенні довжини (величини) повітряного зазору магнітний опір R_a цього повітряного зазору буде зростати в квадратичній залежності і, навпаки, при зменшенні довжини (величини) повітряного зазору магнітний опір R_a цього зазору буде зменшуватись відповідно до цієї залежності.

На фіг. 2 подані часові діаграми параметрів, які характеризують фізичні процеси, що відбуваються в складовому магнітопроводі заявленого електромагніта, щонайменше частково виконаному з магнітотвердого матеріалу, при реалізації заявленого способу керування магнітним потоком електромагніта.

Так, на діаграмі $I(t)$ відображена часова залежність керуючих імпульсів електричного струму в обмотці котушки намагнічування, тобто залежність величини електричного струму від часу.

Аналогічно на діаграмі $H(t)$ відображена часова залежність напруженості магнітного поля.

На діаграмі $\mu_t(t)$ відображена часова залежність магнітної проникності магнітотвердого матеріалу.

На діаграмі $\mu_m(t)$ відображена часова залежність магнітної проникності магнітом'якого матеріалу.

На діаграмі $R_t(t)$ відображена часова залежність магнітного опору магнітотвердого матеріалу.

На діаграмі $R_m(t)$ відображена часова залежність магнітного опору магнітом'якого матеріалу.

На діаграмі $R_a(t)$ відображена часова залежність магнітного опору повітряного зазору.

На діаграмі $R_\Sigma(t)$ відображена часова залежність сумарного магнітного опору складового магнітопроводу.

На діаграмі $MPC(t)$ відображена часова залежність магніторухійної сили, яка діє в магнітопроводі.

На діаграмі $\Phi(t)$ відображена часова залежність магнітного потоку в магнітопроводі.

На діаграмі $B_T(t)$ відображена часова залежність магнітної індукції в магнітотвердому матеріалі.

На діаграмі $B_M(t)$ відображена часова залежність магнітної індукції в магнітом'якому матеріалі.

На діаграмі $F(t)$ відображена часова залежність притягуючої сили електромагніта, яка діє на якір.

А на діаграмі $\delta(t)$ відображена часова залежність величини повітряного зазору.

Починаючи з моменту часу t_1 , на часовій діаграмі $I(t)$ відображений початок дії керуючого імпульсу електричного струму в обмотці котушки намагнічування, який наростає в часі до свого амплітудного значення.

В цей же момент часу t_1 починається наростання напруженості H магнітного поля до величини, обумовленої амплітудою керуючого імпульсу електричного струму I в обмотці котушки намагнічування.

Відповідно до наростання напруженості H магнітного поля з моменту часу t_1 починається збільшення магнітної проникності μ_T магнітотвердого матеріалу від значення μ_0 до значення μ_{max} і наступне її зменшення до мінімального значення μ_{min} , викликане насиченням магнітотвердого матеріалу. Аналогічні зміни перетерплює магнітна проникність μ_M у магнітом'якому матеріалі. При цьому магнітна проникність μ_M магнітом'якого матеріалу, яка не має явно вираженого насичення, збільшується до значення, що у $1,5 \div 2$ рази більше, ніж магнітна проникність μ_T магнітотвердого матеріалу, яка досягає явно вираженого насичення (див. фіг. 2 і табл. 1).

Часові зміни магнітного опору R_T магнітотвердого матеріалу і магнітного опору R_M магнітом'якого матеріалу, що представляють собою величини, які обернено пропорційні відповідним магнітним проникностям, відображені на часових діаграмах $R_T(t)$ і $R_M(t)$, відповідно.

Як видно з часових діаграм $R_T(t)$ і $R_M(t)$, зазначені магнітні опори в момент часу t_1 починають зменшуватися, і це зменшення продовжується доти, поки R_T і R_M не досягнуть значень, обумовлених величиною максимальної магнітної проникності μ_{max} , причому магнітний опір R_M магнітом'якого матеріалу приймає остаточне значення, який в $1,5 \div 2$ рази менше, ніж магнітний опір R_T магнітотвердого матеріалу.

Сумарний магнітний опір R_Σ складового магнітопровода, щонайменше частково виконаного з магнітотвердого матеріалу (див. фіг. 1), може бути представлено сумою магнітних опорів магнітотвердого матеріалу R_T , магнітом'якого матеріалу R_M і повітряного зазору R_δ .

При цьому варто мати на увазі, що значення магнітного опору R_z повітряного зазору є функцією, яка пропорційна квадрату величини повітряного зазору δ і яка починає зменшуватися в момент часу t_1 , а в момент часу t_2 досягає свого мінімального значення. У цей же момент часу t_2 величина магнітного опору повітряного зазору R_z досягає мінімального значення.

Величини магнітних індукцій B_T у магнітотвердому і B_M у магнітом'якому матеріалах і величина магнітного потоку Φ в магнітопроводі, а також величина магніторушійної сили МРС у момент часу t_1 починають зростати внаслідок зростання напруженості магнітного поля H і зменшення сумарного магнітного опору магнітопровода R_Σ , і закінчують своє зростання після закінчення наростання напруженості H магнітного поля, закінчення процесу намагнічування магнітотвердого і магнітом'якого матеріалів і закінчення процесу мінімізації повітряного зазору.

Притягуюче зусилля F , яке є функцією магнітного потоку і обернено пропорційне квадрату величини повітряного зазору, також починає зростати в момент часу t_1 і досягає свого максимального значення при досягненні величиною повітряного зазору її мінімального значення.

Зазначені вище фізичні величини зберігають свої значення до моменту часу t_3 , тобто до моменту закінчення дії керуючого імпульсу електричного струму в обмотці котушки намагнічування. У цей момент часу t_3 починає зменшуватися напруженість H магнітного поля і магніторушійна сила МРС. Однак, це зменшення обмежене збереженою намагніченістю магнітотвердого матеріалу, а величина намагніченості магнітотвердого матеріалу, у свою чергу, обмежена низьким сумарним магнітним опором R_Σ магнітопровода, яке зберігається завдяки високій напруженості H магнітного поля. Таким чином, фактично має місце раніше невідомий факт наявності позитивного зворотного зв'язку між згаданими вище величинами, а саме між H , МРС, B_T , B_M , M_T , M_M , R_T і R_M . При цьому зазначені величини взаємно перешкоджають зменшенню один одного.

Так, при зменшенні напруженості магнітного поля (див. фіг. 2) залишкова магнітна індукція (намагніченість) магнітотвердого матеріалу створює магніторушійну силу МРС, величина якої тим більше, чим більше B_T . У замкнутому магнітному ланцюзі B_T магнітопровода (див., наприклад, фіг. 1) магніторушійна сила МРС створює (зберігає) магнітний потік Φ , величина якого складає

$$\Phi = \text{МРС} / R_\Sigma, \quad (1)$$

де R_Σ - повний магнітний опір еквівалентного магнітного ланцюга на фіг. 1.

$$\text{При цьому} \quad R_\Sigma = R_T + R_M + R_z \quad (2),$$

де R_T - магнітний опір магнітотвердого матеріалу магнітопровода;

R_M - магнітний опір магнітом'якого матеріалу магнітопровода;

R_z - магнітний опір повітряного зазору.

Наслідком цього є те, що магнітний потік Φ визначає намагніченість магнітом'якого матеріалу. А результатом описаного (явища) є те, що після закінчення керуючого імпульсу магнітні проникності μ_r магнітотвердого і μ_m , відповідно, магнітом'якого матеріалів магнітопровода залишаються практично такими ж, як і в інтервалі часу від t_1 до t_2 на фіг. 2. Отже, магнітні опори R_r магнітотвердого і, відповідно, R_m магнітом'якого матеріалів практично не змінюють своїх значень після закінчення керуючого імпульсу. І тому що величина повітряного зазору δ залишається мінімальною (мінімізованою), після закінчення керуючого імпульсу, тобто в інтервалі часу від t_3 до t_4 , магнітний опір R_δ повітряного зазору і сумарний магнітний опір R_Σ еквівалентного замкнутого ланцюга магнітопровода на фіг. 1 зберігають свої значення на рівні, близькому до тих значень, які мали місце в інтервалі часу від t_1 до t_2 на фіг. 2.

Однак, це зменшення обмежене збереженою намагніченістю магнітотвердого матеріалу, а величина намагніченості магнітотвердого матеріалу, у свою чергу, обмежена низьким сумарним магнітним опором R_Σ магнітопровода, що зберігається завдяки високій МРС і низькому значенню R_Σ . Таким чином, має місце встановлений нами, раніше невідомий, факт наявності позитивного зворотного зв'язку між згаданими вище величинами, а саме між H , МРС, B_r , B_m , M_r , M_m , R_r і R_m . При цьому зазначені величини взаємно перешкоджають зменшенню один одному.

Ця встановлена автором даного винаходу нова властивість складових магнітних ланцюгів має дуже істотне значення для заявленої групи винаходів – заявленого способу керування магнітним потоком у складовому магнітопроводі електромагніта і у заявленій конструкції електромагніта, у якій використаний цей спосіб.

Має місце так називаний “ефект засувки”- це ефект, який аналогічний “тригерному ефекту” в електроніці. У результаті описаних процесів напруженість магнітного поля H , величини магнітної індукції B_r у магнітотвердому і B_m у магнітом'якому матеріалах, магніторухійна сила МРС, магнітний потік Φ і притягуюча (утримуюча) сила F електромагніта зберігають свої значення на рівні 80 - 98% від тих значень, що ці величини мали в момент часу t_3 . Описаний стан є одним із стійких станів магнітопровода. Такий стійкий стан зберігається до подачі другого керуючого імпульсу в обмотку котушки намагнічування в момент часу t_4 .

У розглянутому випадку другий керуючий імпульс току повинний мати протилежну (у порівнянні з першим керуючим імпульсом) полярність, а його величина I повинна забезпечувати напруженість H магнітного поля, яка дорівнює коерцитивній силі H_c магнітотвердого матеріалу (див діаграму $H(t)$). На часових діаграмах цей стан відповідає моменту часу t_5 . У цей момент часу має місце повне розмагнічування магнітотвердого матеріалу, тобто поточне значення B_r досягає значення $B_r = 0$, а магнітні проникності μ_r магнітотвердого і μ_m магнітом'якого матеріалів, магнітні опори R_r магнітотвердого, R_m магнітом'якого матеріалів, R_δ

повітряного зазору і сумарний магнітний опір R_{Σ} магнітопровода, магнітні індукції B_T магнітотвердого, B_M магнітом'якого матеріалів, магнітний потік Φ , притягуюче зусилля F і величина повітряного зазору δ перетерплюють зміни, які за своїм характером зворотні змінам, описаним в інтервалі часу від t_1 до t_2 , якщо не враховувати перемагнічування феромагнітних матеріалів магнітопровода, тобто якщо не враховувати особливості перемагнічування магнітом'якого матеріалу сердечника і магнітотвердого матеріалу вставки.

Поточне значення магнітного потоку $\Phi = 0$ і описані значення інших параметрів характеризують другий стійкий стан магнітопровода.

На часовій діаграмі $I(t)$ відображений початок дії в момент часу t_7 другого керуючого імпульсу струму в обмотці котушки намагнічування, що забезпечує ще один, третій по рахунку, стійкий стан магнітопровода з можливих його стійких станів, аналогічних стійкому стану, описаному в інтервалі часу від t_3 до t_4 , з тією, однак, відмінністю, що вектор магнітного потоку Φ при цьому має напрямок, протилежний описаному в інтервалі часу від t_3 до t_4 . Для одержання такого стійкого стану (третього стійкого стану) необхідно подати в обмотку котушки намагнічування керуючий імпульс струму, полярність якого протилежна тій, котра мала місце в інтервалі часу від t_1 до t_2 , з амплітудою, яка достатня для перемагнічування магнітотвердого матеріалу, тобто з амплітудою, більшою за H_c (див. на фіг. 2 часову діаграму $H(t)$ в інтервалі часу від t_4 до t_5). Часові залежності параметрів, відображені на фіг. 2 в інтервалі часу від t_3 до t_4 , будуть такими ж, як і в інтервалі часу від t_1 до t_2 , але з тією, однак, відмінністю, що напруженість магнітного поля H , магнітний потік Φ , магнітні індукції B_T і B_M магнітотвердого і магнітом'якого матеріалів будуть мати тут протилежну полярність.

Заявлений електромагніт (фіг. 5 - 17) працює таким чином.

При подачі електричної напруги на обмотку 4 котушки намагнічування і порушення в ній електричного струму створюється магнітний потік Φ в складовому магнітопроводі електромагніта, що забезпечує притягання рухомого якоря 1 магнітної системи до нерухомого статора 2, незалежно від полярності поданого керуючого імпульса. Цей магнітний потік забезпечує притягання якоря магнітної системи до статора з подоланням зусилля, створюваного зворотною пружиною 11 і тим самим мінімізує величину δ повітряного зазору магнітопровода електромагніта. Після замикання магнітного ланцюга магнітний потік Φ у замкненому магнітопроводі за кільцюється. Після зняття напруги з обмотки 4 котушки намагнічування магнітний потік Φ (магнітна енергія), акумульований у магнітотвердому матеріалі вставки 3, продовжує утримувати домени магнітотвердого матеріалу вставки 3 орієнтованими вздовж магнітних силових ліній. Максимальне утримуюче зусилля залежить від характеристик керуючого імпульсу в обмотці 4 котушки намагнічування й обсягу і характерних розмірів магнітотвердої вставки 3.

Після механічного розриву магнітного ланцюга частина доменів матеріалу магнітотвердої вставки 3 переорієнтується хаотично, що відповідає залишковій намагніченості матеріалу магнітотвердої вставки. Унаслідок цього величина утримуючого зусилля F електромагніта знижується приблизно на порядок.

Повне “обнуління” магнітного потоку в матеріалі магнітотвердої вставки відповідає випадку приблизно рівного поділу доменів (тобто приблизно нарівно) на дві групи із взаємозгасаючими магнітними потоками в магнітопроводі заявленого електромагніта.

Магнітотверда вставка зі сплаву АЛНІКО після намагнічування в складовому замкненому магнітопроводі стає на порядок (і більше) могутнішою по утримуючому зусиллю F , ніж намагнічена поза замкненим магнітним ланцюгом.

Маса перемикача 8 нормально замкнутих контактів 5 і 6 (фіг. 5) і зусилля зворотної пружини 11 розраховані так, щоб перемикач 8, виконаний, наприклад у вигляді штовхальника, за рахунок своєї інерційності на початку ходу якоря 1 зжав пружину 11 і повернувся у вихідне положення тільки після замикання ланцюга магнітопроводу “якір 1 – магнітотверда вставка 3 – статор 2” із забезпеченням при цьому відключення обмотки 4 котушки намагнічування нормально замкнутими контактами 5 і 6 тільки після мінімізації (усунення) повітряного зазору δ між магнітотвердими вставками 3 і стрижнями 9 якоря 1.

Магнітний потік у складовому замкненому магнітопроводі і виникаюче внаслідок цього притягуюче (утримуюче) зусилля F електромагніта забезпечують мінімізацію повітряного зазору δ в магнітопроводі, а тим самим - мінімізацію величини еквівалентного магнітного опору складового магнітопровода, а після цього - перемагнічування магнітотвердого і магнітом'якого матеріалу складового магнітопровода. Це перемагнічування матеріалу складового магнітопровода забезпечує “запам'ятовування” магнітного потоку, не зважаючи на знеструмлений стан обмотки 4 котушки намагнічування, а саме: при відсутності електроструму в котушці 4 замкнений складовий магнітопровід забезпечує протікання по ньому такого магнітного потоку, який виявляється необхідним і достатнім для забезпечення утримуючого зусилля F , порівняльного з притягуючим зусиллям, створюваним котушкою 4 намагнічування при протіканні по ній електричного струму.

Таке “запам'ятовування” магнітного потоку в знеструмленому стані обмотки 4 котушки намагнічування вже було описано вище.

Повернення якоря 1 у вихідне положення забезпечують короткочасним імпульсом електроструму в зустрічно намотану обмотку, або імпульсною напругою зворотної полярності з розрахунковою амплітудою, або розрахунковою тривалістю, або серією загасаючих імпульсних коливань, або комбінацією цих умов.

Розрахунковим і експериментальним шляхом автором була підтверджена істотно підви-

щена ефективність заявленої групи винаходів, що забезпечується як за рахунок енергозбереження, так і за рахунок різкого зниження аварійних відмовлень і збільшення терміну безвідмовної роботи комутаційних пристроїв, тобто за рахунок збільшення наробітку на відмовлення, а також за рахунок істотного розширення функціональних можливостей використання заявлених об'єктів.

Заявлений винахід забезпечує наступний технічний результат при його використанні:

- Електромагніт працює як у ланцюгах перемінного, так і в ланцюгах постійного електричного струму;
- Наявність щонайменше двох стійких енергонезалежних станів магнітопроводу електромагніта;
- Магнітопровід електромагніта може бути виконаний з дешевої, легкооброблюваної нелігвованої сталі типу Ст.3, Ст.10, Ст.20 і т.п.;
- Збільшення на порядок притягуючого і/або утримуючого зусилля F електромагніта за рахунок можливості збільшення імпульсного струму в обмотці котушки намагнічування;
- Збільшена МРС дозволяє зменшити більш, ніж на порядок, площу поперечного перетину i , відповідно, масу магнітопроводу, тобто суттєво поліпшити масово-габаритні показники, а саме зниження металоємкості: по міді – у $3 \div 5$ разів і по магнітом'ягкому металу (сталі) – $7 \div 10$ разів;
- Знижена маса магнітної системи (маса магнітопроводу) забезпечує зниження інерційності і сприяє підвищенню швидкодії магнітної системи;
- Знижується наклеп елементів магнітопроводу і підвищується зносостійкість;
- Суттєво підвищується термін служби контактів виконавчих пристроїв;
- Утримуюче зусилля замкненого складового магнітопроводу з магнітотвердою вставкою (наприклад із сплаву ЮНІЙ13ДК24), більш ніж у 3 рази перевищує утримуюче зусилля, забезпечуване постійним магнітом у випадку розімкненого нескладового магнітопроводу тих же розмірів, хоч і виконаного із сплаву рідкоземельних металів NiFe. До цих пір такого ж таки результату можна було досягти тільки у випадку глибокого низькотемпературного охолодження зазначеного сплаву NiFe, а при нормальних умовах, тобто при температурі навколишнього середовища 20°C и атмосферному тиску (760 мм рт.ст.) цей ефект дотепер не був відомий і уперше виявлений автором;
- Істотне розширення функціональних можливостей електромагніту, у тому числі можливість його використання в комутаційній електроапаратурі, в електромагнітних муфтах зчеплення для передачі моментів, що крутять, у гальмових барабанах і т.п.

Зазначені вище переваги заявленого винаходу в порівнянні з відомими технічними рішеннями узагальнено представлені нижче в таблиці 2.

Таблиця 2

Суттєві ознаки та властивості	Заявлене рішення	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
1. Мінімізації повітряного зазору	+	+	-	-
2. Наявність замкненого магнітного ланцюга	+	+	-	-
3. Наявність складового магнітопроводу	+	+	+	+
4. Відсутність паралельних гілок (галузей) магнітного ланцюга, внаслідок чого магнітний потік цілком проходить через магнітотверду вставку	+	+	-	-
5. $\alpha = 0$ і $\cos \alpha = 1$	+	+	-	-
6. Використання магнітотвердих матеріалів з мінімальною енергією на перемагнічування	+	+	-	-
7. Збереження "магнітної пам'яті"	+	-	-	-
8. Спроможність роботи в ланцюгах як перемінного, так і постійному електроструму	+	+	-	-
9. Наявність щонайменше двох стійких енергонезалежних станів магнітопроводу електромагніта	+	-	-	-
10. Можливість виконання магнітопроводу з дешевої, легкооброблюваної нелігваної сталі типу Ст.3, Ст.10, Ст.20 і т.п.	+	+	-	-
11. Суттєве (на порядок) збільшення притягуючого і/або утримуючого зусилля F електромагніта	+	-	-	-
12. Суттєве (в декілька разів) зниження металоемкості	+	+	-	-
13. Суттєве поліпшення масо-габаритних показників	+	+	-	-
14. Підвищення швидкодії магнітної системи	+	+	-	-
15. Зменшення наклепу металевих елементів магнітопроводу і підвищення зносостійкості	+	+	+	+
16. Суттєве підвищення терміну служби контактів виконавчих пристроїв	+	+	-	-
17. Суттєве підвищення утримуючого зусилля в зрівнянні з розімкненим нескладовим магнітопроводом	+	-	-	-
18. Істотне розширення функціональних можливостей електромагніту	+	-	-	-
19. Суттєва економія енерговитрат	+	+	+	+

Позначення в таблиці 2:

1. Аналог 1 – технічне рішення за міжнародною заявкою PCT/UA00/00005;
2. Аналог 2 – технічне рішення за європатентом EP 0794540;
3. Аналог 3 – технічне рішення за німецькою заявкою DE № 19639545.

Аналіз даних таблиці 2 і наведених вище відомостей підтверджує відповідність заявленої групи технічних рішень критеріям охороноспроможності, а саме:

- критерію “новизна”;
- критерію “винахідницький рівень” і
- критерію “промислова придатність”.

Крім того, заявлена група технічних рішень відповідає принципу єдиності винаходу, оскільки один з об'єктів заявленої групи, а саме конструкція електромагніта, призначений для використання іншого об'єкта, а саме заявленого способу керування магнітним потоком у магнітопроводі електромагніта.

У зв'язку з цим заявлена група технічних рішень не може бути не визнана винаходом.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ, ПРИЙНЯТІ ДО УВАГИ:

1. DE № 19639545 A₁ від 18.12.1997 р., заявник ICON AG PRAZISIONSTECINIC [1];
2. EP 0794540 A₁ від 10.09.1997 р., заявник HARTING KgaA, CNJK, TW 2 CNJRB -
ПРОТОТИП [2];
3. PCT/UA00/00005 від 03.02.2000 р., H01F 7/16, 7/124, E05B 47/02, заявник Бабич М.С.
- ПРОТОТИП [3];
4. ГОСТ 17809-72. Материалы магнитотвердые литые. М., Госстандарт, 1986, с. 4-5;
5. А.Д.Смирнов, К.М.Антипов. Справочная книжка энергетика. М., Энергоатомиздат, 1987, с.254.


М.С.БАБИЧ,
автор-заявник



В.М.ФІРСОВ,
патентний повірений
України (реєстр. № 33)



ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб керування магнітним потоком електромагніта з релейною тягловою характеристикою, яка відзначається щонайменше двома стійкими рівнями значень магнітного потоку у складовому магнітопроводі, який щонайменше частково виконують з магнітотвердого матеріалу, шляхом подачі керуючих імпульсів електричного струму в обмотку котушки намагнічування з можливістю одержання зусилля, що притягає рухому частину магнітопроводу електромагніта щонайменше з одним повітряним зазором, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що використовують магнітотвердий матеріал магнітопроводу, який має властивість зберігати при перемагнічуванні щонайменше два стійких стани намагніченості, а в якості керуючих імпульсів електроструму в обмотку намагнічування складового магнітопроводу електромагніта подають два короткочасних імпульси протилежної полярності, при цьому при подачі першого імпульсу забезпечують замикання магнітного ланцюга і мінімізацію магнітного опору магнітопроводу за рахунок мінімізації повітряного зазору магнітопроводу з наступною максимізацією магнітного потоку в магнітопроводі з його переходом в один із стійких станів, які характеризуються максимальним значенням магнітного потоку в магнітопроводі, (який є відповідним енергії керуючого імпульсного впливу), з можливістю перебування складового магнітопроводу електромагніта в цьому стійкому стані і забезпеченням його утримуючого і/або притягуючого зусилля до подачі другого керуючого імпульсу електроструму протилежної полярності, енергетична характеристика якого по величині достатня для переведення магнітопроводу в інший стійкий стан, який характеризується (іншою) відповідною йому величиною магнітного потоку і (іншою) відповідною йому величиною утримуючого і/або притягуючого зусилля.

2. Спосіб по п. 1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що подачу першого керуючого імпульсу струму в обмотку котушки намагнічування з наступною максимізацією магнітного потоку в складовому магнітопроводі здійснюють після мінімізації повітряного зазору.

3. Спосіб по п. 1, **ЩО ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що подачу першого керуючого імпульсу струму в обмотку котушки намагнічування з наступною максимізацією магнітного потоку в складовому магнітопроводі здійснюють до мінімізації повітряного зазору.

4. Спосіб по п. 1, **ЩО ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що значення керуючого магнітного потоку в складовому магнітопроводі електромагніта (забезпеченого за рахунок першого керуючого імпульсу електроструму в обмотці котушки намагнічування електромагніта) до замикання магнітного ланцюга магнітопроводу забезпечують на рівні його оптимального значення, необхідного для створення робочого притягуючого зусилля електромагніта і підтримки його (на цьому рівні) до ліквідації повітряного зазору і намагнічування матеріалу магнітопроводу, після чого знімають електричну імпульсну напругу з обмотки котушки намагнічування, а утримуюче і/або притягуюче зусилля електромагніта забезпечують за рахунок "магнітної пам'яті" мате-

ріалу складового магнітопроводу з можливістю одержання при цьому утримуючого зусилля, величина якого складає $F \leq 0,98 F_{\max}$, де F_{\max} – максимальне значення утримуючого зусилля електромагніту, створюваного обмоткою котушки намагнічування.

5. Спосіб по п. 1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що необхідну потужність керуючих імпульсів з можливістю забезпечення необхідного притягуючого і/або утримуючого зусилля (електромагніта) забезпечують за рахунок зміни параметрів керуючих імпульсів, обраних з ряду, що складається з амплітуди імпульсу, його тривалості, його форми, їхньої комбінації.

6. Спосіб по п. 1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що в обмотку намагнічування подають другий управляючий імпульс струму з іншою енергетичною характеристикою в порівнянні з характеристикою першого керуючого імпульсу і забезпечують перехід магнітопроводу в один з інших стійких станів - третій стійкий стан, який характеризується відповідною величиною магнітного потоку в складовому магнітопроводі і відповідною величиною утримуючого і/або притягуючого зусилля.

7. Спосіб по п. 6, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що забезпечують перехід магнітопроводу в стійкий стан, який характеризується величиною магнітного потоку в магнітопроводі, яка дорівнює нулю, шляхом подачі в обмотку котушки намагнічування керуючого імпульсу струму, який забезпечує напруженість магнітного поля в магнітопроводі, яка дорівнює коерцитивній силі на кривій намагнічування складового магнітопроводу, і відповідне утримуюче і/або притягуюче зусилля.

8. Спосіб по п. 7, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що одним зі стійких станів складового магнітопроводу є його вихідний стан, який характеризується магнітним потоком, величина якого дорівнює вихідному значенню, і відповідним йому значенням притягуючого і/або утримуючого зусилля.

9. Спосіб по п. 1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що тривалість t_1 першого керуючого імпульсу електроструму в обмотці котушки намагнічування (і, відповідно, магнітного потоку в складовому магнітопроводі електромагніта) прямої полярності і тривалість t_2 другого керуючого імпульса зворотної полярності не перевищують потроєної величини постійної часу τ перехідного процесу для маси рухомої частини магнітопроводу, тобто $t_1 \leq 3\tau$ і $t_2 \leq 3\tau$, де τ - постійна часу перехідного процесу.

10. Спосіб по п. 3, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що тривалість t_2 другого керуючого імпульсу магнітного потоку (у складовому магнітопроводі електромагніта) зворотної полярності в $2 \div 5$ разів менша, ніж тривалість t_1 першого керуючого імпульсу магнітного потоку (у складовому магнітопроводі електромагніта) прямої полярності і складає $t_1 = (2 \div 5) t_2$.

11. Спосіб по п.1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що в якості першого керуючого імпульсу електроструму в обмотку котушки намагнічування подають імпульс у вигляді серії пері-

одичних (модульованих) імпульсів, амплітуда (огинача) яких наростає від нульового значення.

12. Спосіб по п.1, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що в якості другого керуючого імпульсу електроструму в обмотку котушки намагнічування подають імпульс у вигляді серії періодичних (модульованих) імпульсів, амплітуда (огинача) яких згасає (до нульового значення).

13. Електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаний у вигляді щонайменше однієї котушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короточасних різнополярних імпульсів струму в обмотці котушки намагнічування, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що магнітопровід виконаний з можливістю замикання магнітного потоку при мінімізації повітряного зазору, при цьому статор виконаний у вигляді плоскої основи з закріпленою на ній щонайменше однією вставкою з магнітотвердого матеріалу і котушкою намагнічування, а також нормально замкнутими контактами, включеними послідовно в ланцюг електропостачання (обмотки) котушки намагнічування, з виконаним у центрі основи отвором для (проходження) перемикача контактів, а якорь виконаний у вигляді сталевієї пластини щонайменше з двома стрижнями, прикріпленими до неї торцями, при цьому якорь забезпечений штовхальником, який своїм верхнім торцем прикріплений до якоря, а також щонайменше однією зворотною пружиною.

14. Електромагніт по п.13, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що перемикач контактів виконаний у вигляді штовхальника, який я своїм верхнім торцем жорстко зв'язаний з якорем.

15. Електромагніт по п.13, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що якорь виконаний із пластини П-подібної форми в повздовжньому перетині, при цьому стрижні виконані пластинчастими і прикріплені до бічних торців пластини якоря, а вставка з магнітотвердого матеріалу виконана у вигляді бруска.

16. Електромагніт по п. 13, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що магнітопровід виконаний у вигляді двох пластин, щонайменше двох стрижнів і щонайменше однієї вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю замикання магнітопроводу при мінімізації повітряного зазору, при цьому рухомий якорь виконаний П-подібної форми з однієї з пластин і двох стрижнів, з'єднаних з нею торцями, а нерухомий статор виконаний у вигляді іншої з пластин, на якій закріплена (щонайменше одна) вставка з магнітотвердого матеріалу, яка розміщена в осьовому каналі щонайменше однієї з котушок намагнічування.

17. Електромагніт по п. 13, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що магнітопровід виконаний у вигляді двох пластин, щонайменше однієї вставки з магнітотвердого матеріалу і щонайменше

трех стрижнів з можливістю замикання магнітопроводу при мінімізації повітряного зазору, при цьому рухомий якір виконаний Ш-подібної форми, стрижні торцями з'єднані з однією з пластин, а нерухомий статор виконаний у вигляді іншої з пластин, на якій закріплена щонайменше одна вставка з магнітотвердого матеріалу, встановлена на пластині в дніщі щонайменше однієї з котушок намагнічування.

18. Електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаний у вигляді щонайменше однієї котушки намагнічування на складовому магнітопроводі з нерухомим статором, рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів струму в обмотці котушки намагнічування, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що магнітопровід виконаний з можливістю замикання при мінімізації повітряного зазору і при цьому містить корпус, виконаний у формі диска, на якому розміщена щонайменше одна магнітна система підковоподібної (сегментовидної) форми з коаксиально розміщеними (бічними) стінками, при цьому в корпусі розміщена щонайменше одна котушка намагнічування, а якір магнітопроводу збезпечений капелюшком і зворотною пружиною і виконаний з можливістю зворотно-поступального обертання по круговому фігурному каналу (пазу), виконаному по дузі окружності, при цьому вставка з магнітотвердого матеріалу встановлена на стінці корпусу, яка ортогональна напрямку переміщення якоря (і обмежує хід якоря).

19. Електромагніт електромагнітного приводу виконавчого пристрою, виконаний у вигляді щонайменше однієї котушки намагнічування на складовому магнітопроводі з рухомим якорем і щонайменше з одним повітряним зазором, при цьому щонайменше частина магнітопроводу виконана у вигляді вставки з магнітотвердого матеріалу з можливістю керування магнітним потоком у магнітопроводі за рахунок перемагнічування останнього за допомогою двох короткочасних різнополярних імпульсів струму в обмотці котушки намагнічування, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що магнітопровід виконаний у вигляді порожнього циліндру, забезпеченого щонайменше одним стрижнем, при цьому на дні циліндру закріплена магнітотверда вставка, стрижень є продовженням вставки, торцева частина стрижня виконана в одній площині з торцевою частиною циліндра, щонайменше одна котушка намагнічення охоплює стрижень, а рухомий якір виконаний у формі диска із забезпеченням можливості замкнення (своєю площиною) магнітного ланцюга магнітопроводу при переміщенні відносно статора.

20. Електромагніт по п. 19, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що в якості рухомого якоря використані конструктивні елементи металобрухту.

21. Електромагніт по п.19, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що якір виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального лінійного переміщення відносно статора.

22. Електромагніт по п.19, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що якір виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора.

23. Електромагніт по п.19, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що якір виконаний із забезпеченням можливості зворотно-поступального лінійного і зворотно-поступального обертального переміщення відносно статора.


24. Електромагніт по п. 19, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що статор виконаний у вигляді двох П-подібних частин, жорстко зв'язаних одна з одною бічними поверхнями стрижнів з утворенням (нерухомого) статора Ш-подібної форми, при цьому на переважно крайніх у поздовжньому перетині стрижнях розміщені щонайменше дві котушки намагнічування з можливістю створення погоджених магнітних потоків у стрижнях (магнітопроводу).


25. Електромагніт по п.24, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що статор додатково забезпечений котушкою, обмотка якої встановлена на середньому стрижні.


26. Електромагніт по п.25, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що обмотка котушки, встановленої на середньому стрижні, включена згідно з обмотками на крайніх стрижнях.

27. Електромагніт по п.25, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що обмотка котушки, встановленої на середньому стрижні, включена зустрічно з обмотками на крайніх стрижнях.

28. Електромагніт по п. 13, який **ВІДРІЗНЯЄТЬСЯ** тим, що статор магнітопроводу виконаний у формі порожнього циліндра, частина якого виконана з магнітотвердого матеріалу, а якір - у вигляді кришки циліндра зі стрижнем, коаксиально розміщеним у (внутрішній) порожнині циліндра, обмотка котушки намагнічування коаксиально розміщена в порожнині циліндра, при цьому магнітопровід виконаний з можливістю його замикання кришкою циліндра, а також з можливістю торкання стрижнем дна циліндра при мінімізації повітряного зазору, утворення об'ємно-замкнутої конструкції "циліндр-кришка-стрижень" і намагнічування вставки з магнітотвердого матеріалу із забезпеченням утримуючого зусилля електромагніта, яке переважно дорівнює силі тяги, створюваній котушкою намагнічування.


М.С.БАБИЧ,
автор-заявник


В.М.ФІРСОВ,
патентний повірений
України (реєстр. № 33)



"Спосіб керування . . ."

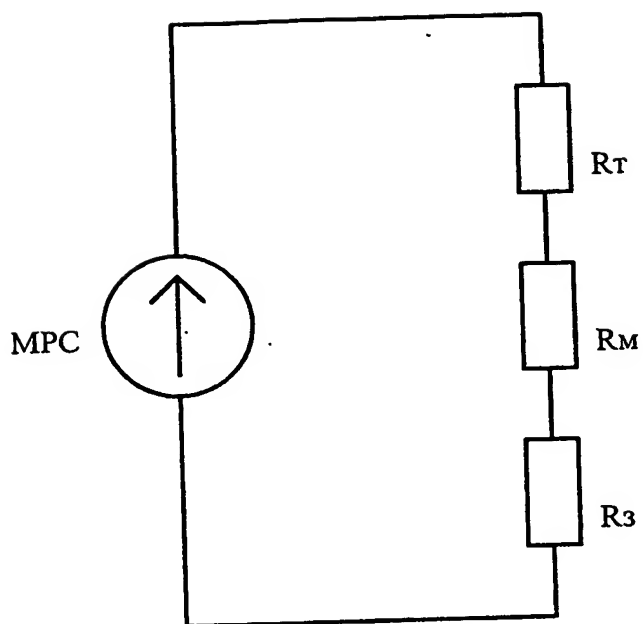
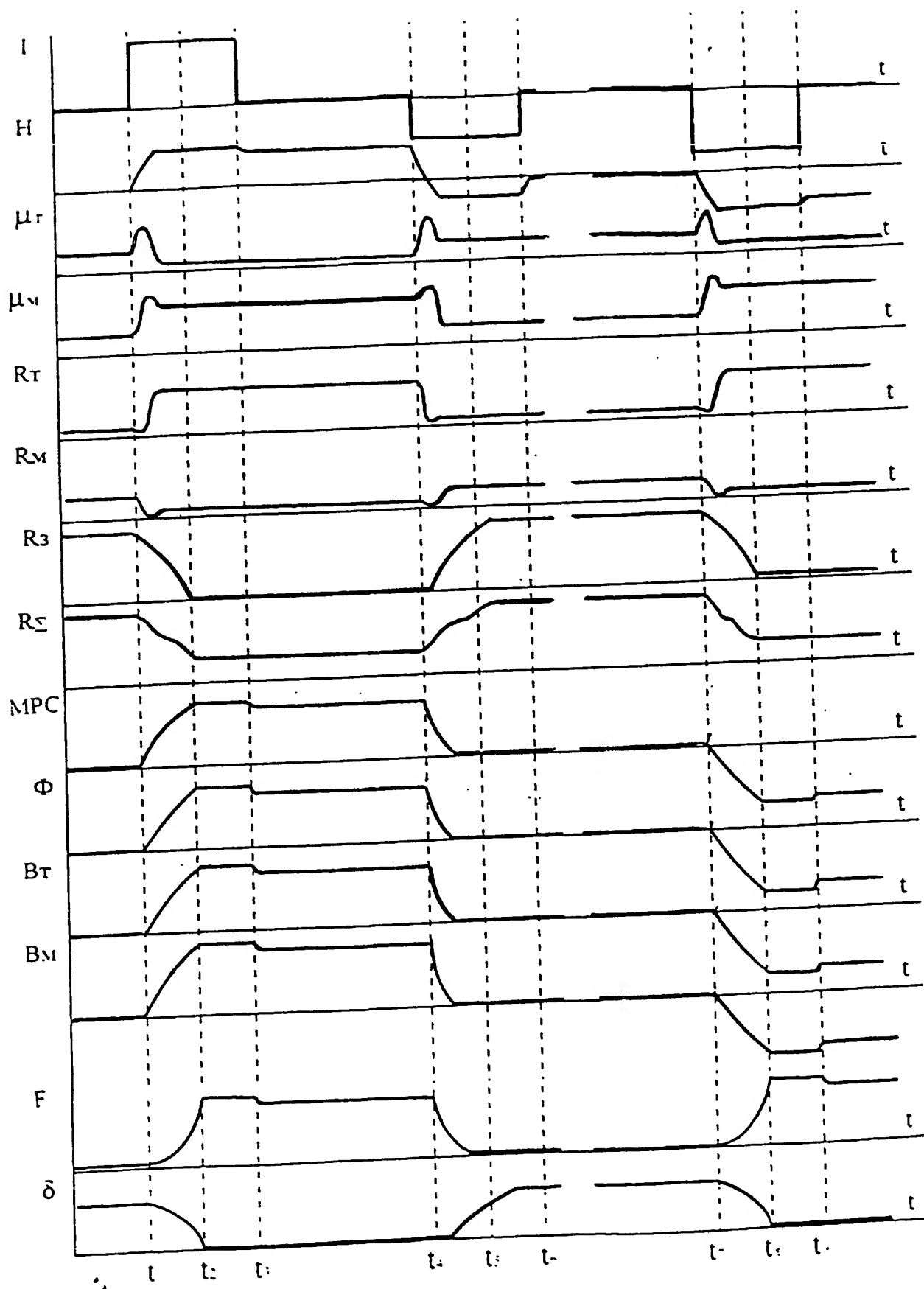
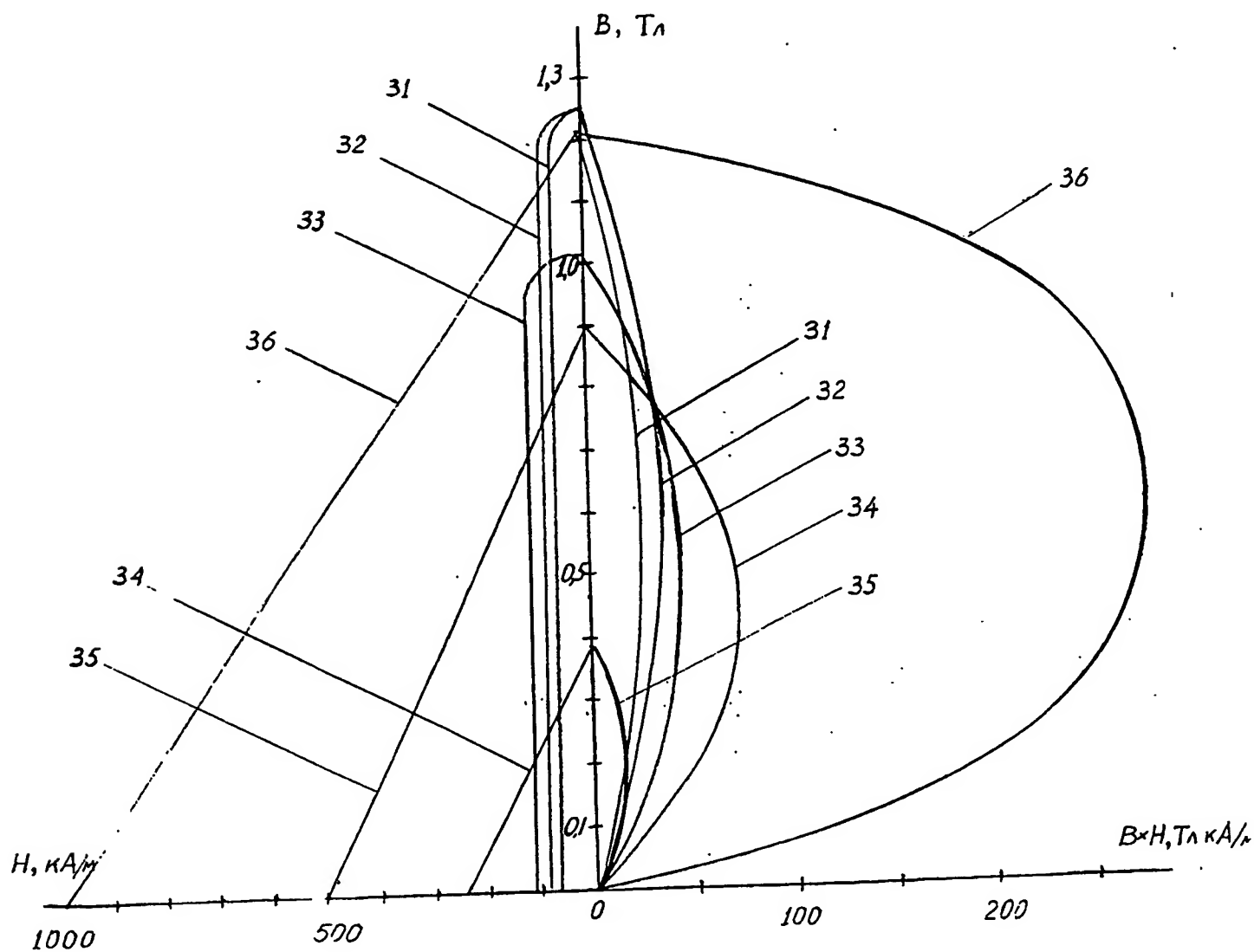


Fig. 1



Фіз. 2

Автор М. С. Бабич

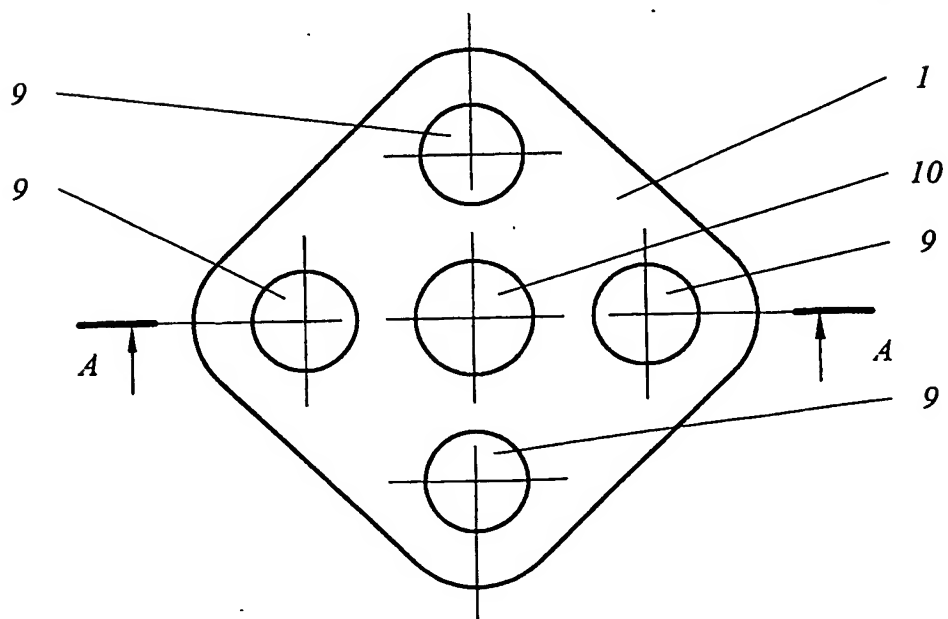
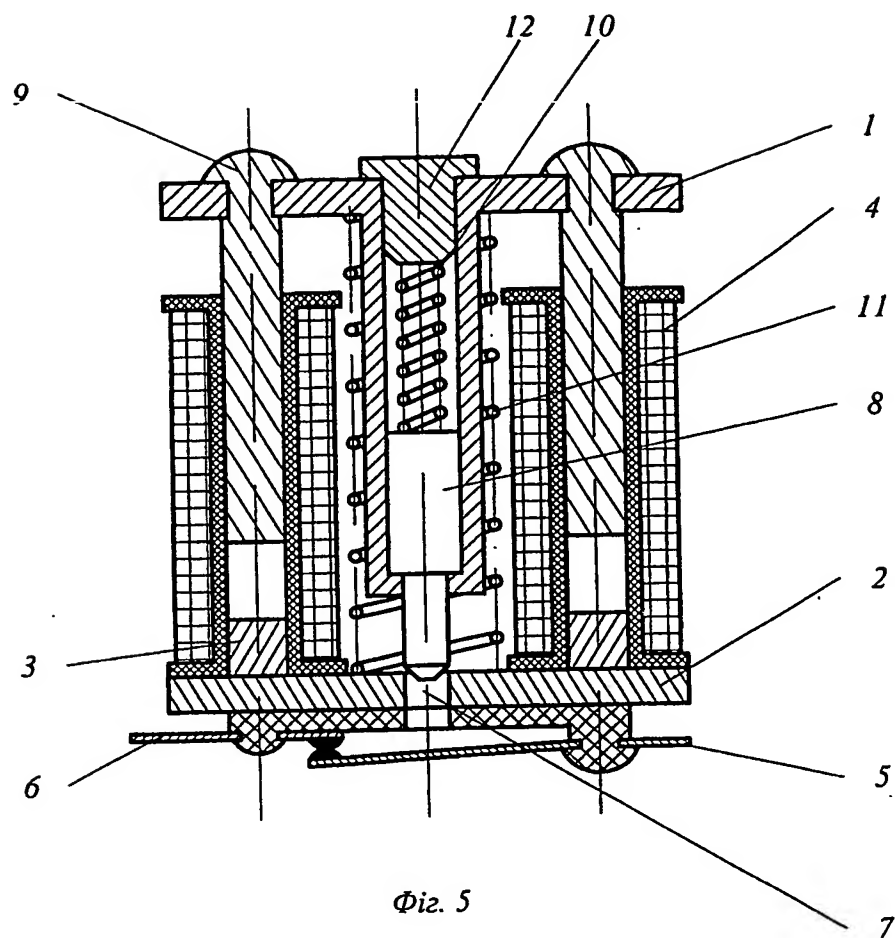


Фіг. 3

Таблиця 1

Ферромагнетики	Залишкова індукція, Тл	Коерцитивна сила H_c , кА/м	Максимальна індукція B_{max} , при $H=50$ кА/м
Магнітотверді [4] :			
ЮНД8	0,6	44	1,0-1,5
ЮНДК15	0,75	48	
ЮНДК18С	1,10	44	
ЮН13ДК24	1,25	40	
ЮН13ДК25	1,40	44	
ЮН14ДК25	1,35	52	
Магнітом'які [5] :			
1211	<0,1	<0,5	2,2
1311			2,1
1411			2,1
1511			2,0

"Спосіб керування ..."



"Спосіб керування . . ."

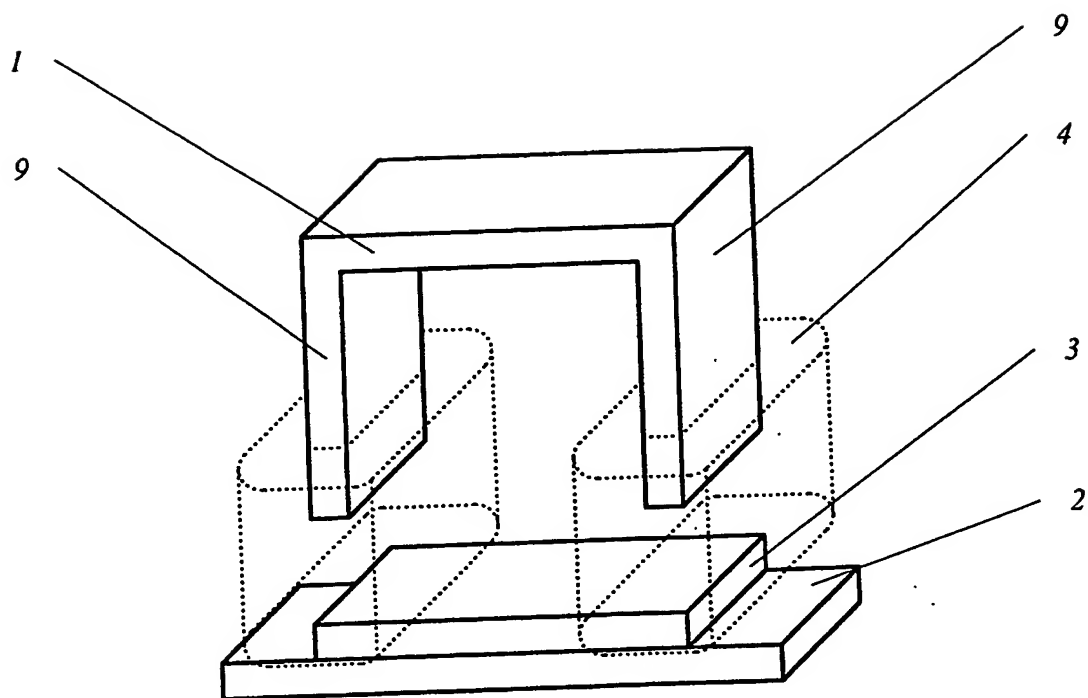


Fig. 7

"Спосіб керування . . ."

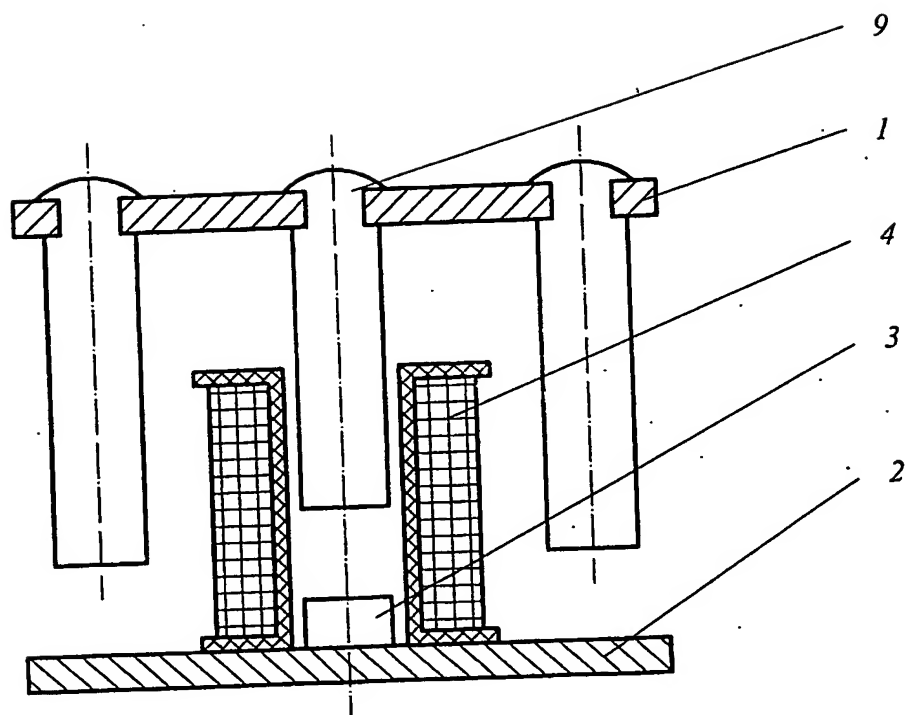


Fig. 8

"Спосіб керування..."

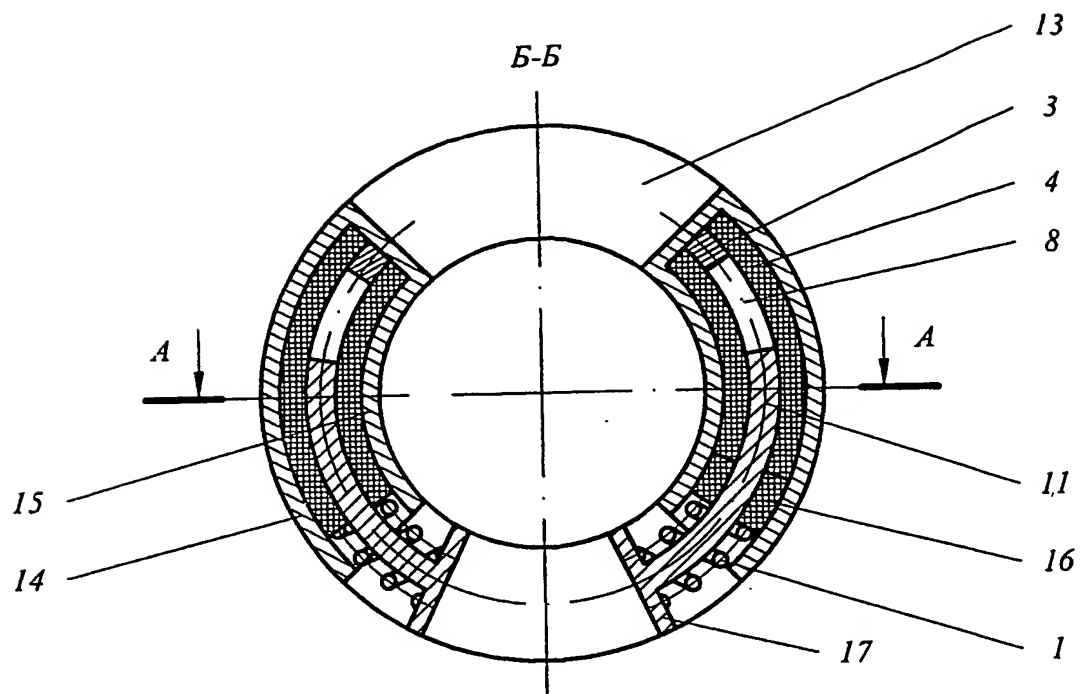


Fig. 9

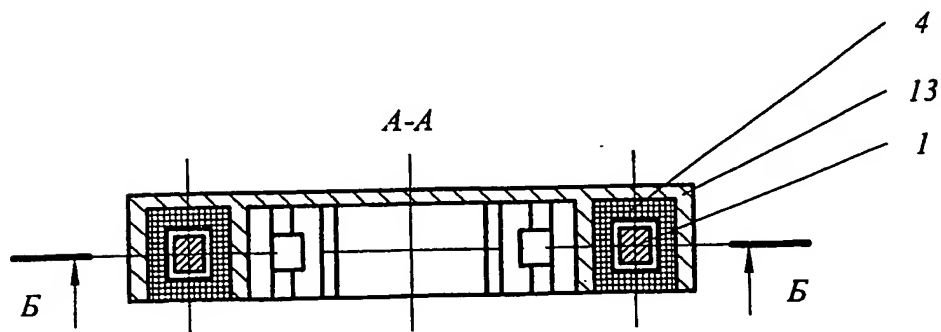
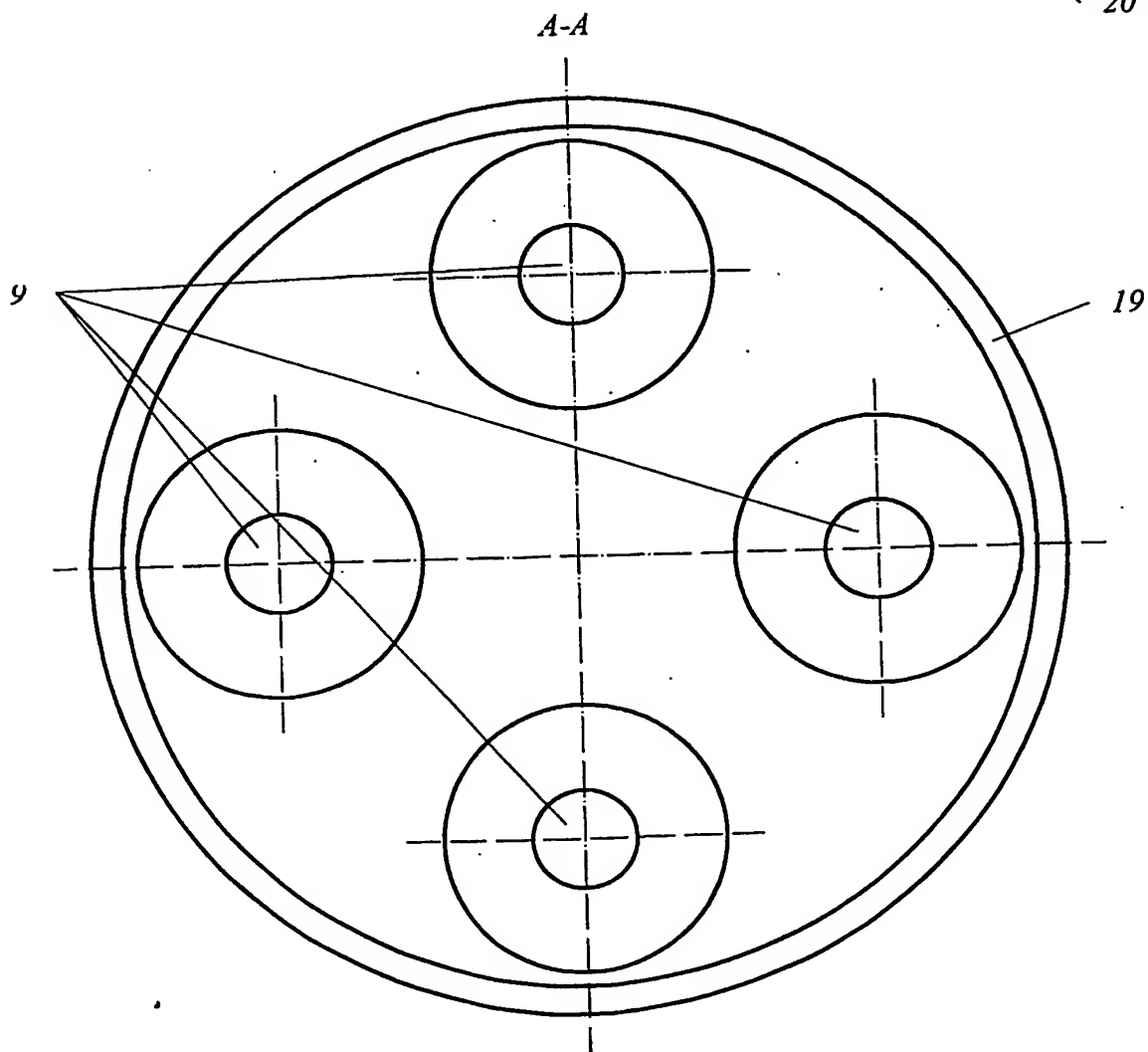
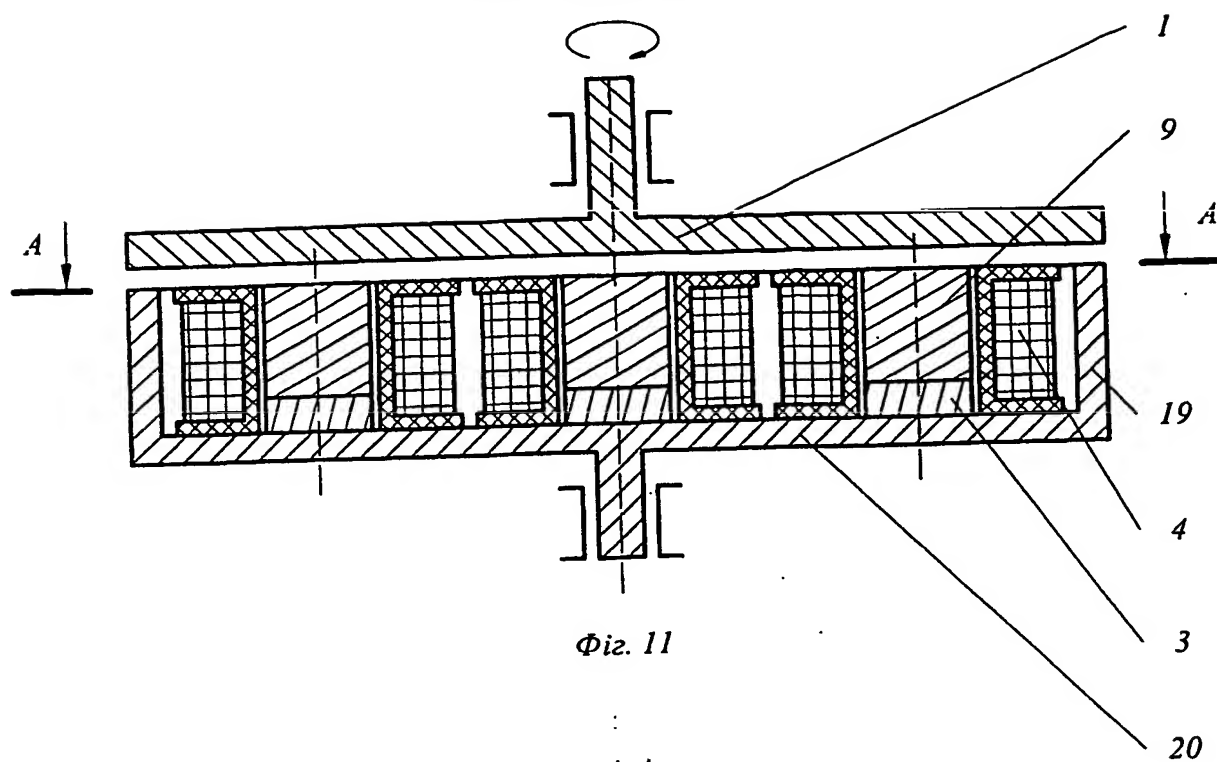


Fig. 10

"Спосіб керування..."



Автор М. С. Бабич

"Спосіб керування . . ."

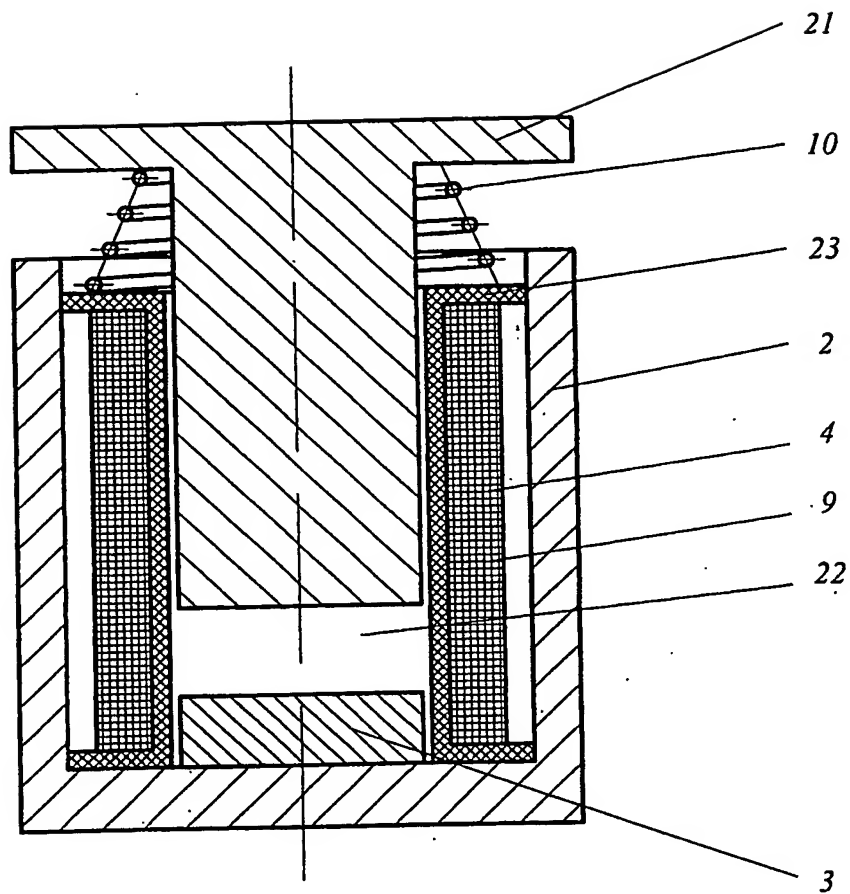


Fig. 13

РЕФЕРАТ

Заявлена група винаходів відноситься до магнітних систем, а саме до способу керування магнітним потоком електромагніта, а також до конструкцій електромагніта, які реалізують цей спосіб.

Запропоновані конструкції електромагніту призначені для використання переважно в виконавчих пристроях електромеханіки і включають котушку намагнічування із складовим магнітопроводом, виконаним, щонайменше частково, із магнітотвердого матеріалу і щонайменше з одним повітряним зазором.

Новина винаходу в тому, що складовий магнітопровід виконаний таким чином, що має щонайменше два стійких стана намагніченості, в кожне із котрих (після мінімізації повітряного зазору) він попадає в результаті впливу керуючих імпульсів електричного тока, відповідно, різної (протилежної) полярності, які подають в обмотку котушки намагнічення.

Стійким станам магнітопроводу електромагніта відповідають певні значення магнітного потоку без протікання електричного току по обмотці котушки намагнічення.

Це забезпечує технічний результат, який складається з суттєвого збільшення ефективності електромагніта за рахунок значного підвищення притягуючого (утримуючого) зусилля електромагніту, суттєвого поліпшення його масо-габаритних характеристик, підвищення надійності в роботі внаслідок підвищення безвідмовності, а також за рахунок значного збереження електроенергії і, крім того, за рахунок суттєвого розширення функційних можливостей електромагніта запропонованої конструкції, яка використовує запропонований спосіб керування магнітним потоком.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☒ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.